

Akrylamid i mat

Korrelerer estimert kostinntak med biomarkører i urin?

Masteroppgave i klinisk ernæring

Linn Helene Stølen



Avdeling for ernæringsvitenskap, Det medisinske fakultetet

UNIVERSITETET I OSLO, august 2006

Veiledere:

Margaretha Haugen (hovedveileder)¹

Andrew Collins (internveileder)²

Thomas Bjellaas (biveileder)¹

1: Nasjonalt Folkehelseinstitutt, 2: Avdeling for ernæringsvitenskap, UiO

Forord

Masteroppgaven ble utført i perioden august 2005 til august 2006 ved Avdeling for ernæringsvitenskap, Universitetet i Oslo. Undersøkelsen har vært en del av et større forskningsprosjekt om akrylamid ved Nasjonalt Folkehelseinstitutt. Prosjektet ser på eksponering fra matvarer samt betydning for kreft og reproduksjon. Det omfatter både humane studier, muse- og celleforsøk.

Jeg vil takke hovedveileder Margaretha Haugen for at hun ga meg en god mottakelse og sørget for en god start på Folkehelseinstituttet og for alltid å være tilgjengelig for store eller små spørsmål. Takk til samarbeidspartner og veileder Thomas Bjellaas for godt samarbeid og verdifulle tilbakemeldinger på oppgaven, og takk til veileder Andrew Collins for gjennomlesning og nyttige kommentarer.

Jeg vil også takke Anna-Pia Häggkvist for hjelp med store og små ting og hyggelige lunsjer. Og takk til Ingrid M. Fange for god hjelp med Excel-formler.

Til slutt, tusen takk til alle som var villig til å delta i undersøkelsen.

Oslo, august 2006

Linn Helene Stølen

Innhold

FORORD	3
INNHold	4
SAMMENDRAG	6
ABSTRACT.....	7
FORKORTELSER OG UTTRYKK.....	9
1. BAKGRUNN.....	11
1.1 SVENSKE FORSKERE FINNER AKRYLAMID I MAT	11
1.2 AKRYLAMID GENERELT	11
1.3 AKRYLAMID I MAT	12
1.4 AKRYLAMID I MENNESKET	22
1.5 AKRYLAMID – REELL HELSETRUSSEL ELLER FALSK ALARM?	27
1.6 REDSKAP FOR MÅLING AV AKRYLAMID EKSPONERINGEN	29
1.7 OM UNDERSØKELSEN	32
2. MÅL OG PROBLEMSTILLINGER.....	33
HOVEDMÅL.....	33
DELMÅL	33
PROBLEMSTILLINGER.....	33
3. UTVALG OG METODE	34
3.1 STUDIEDESIGN.....	34
3.2 DELTAKERE.....	34
3.3 DATAINNSAMLING	35
3.4 AKRYLAMID DATABASE OG INNHold I MAT- OG DRIKKEVARER.....	37

3.5	NÆRINGSBEREGNING OG URINANALYSE.....	41
3.6	STATISTISKE ANALYSER.....	43
4.	RESULTATER.....	44
4.1	AKRYLAMIDINNHold I MAT- OG DRIKKEVARER.....	44
4.2	AKRYLAMID I KOST OG URIN	61
4.3	MAT- OG DRIKKEVARER/NÆRINGSSTOFFER OG URINMETABOLITTER	64
4.4	INDIVIDUELLE TILFELLER.....	65
4.5	MATVARERS OG KAFFES BIDRAG TIL ESTIMERT AKRYLAMIDINNTAK	66
4.6	RØYKING.....	67
5.	DISKUSJON	69
5.1	AKRYLAMIDINNHold I MAT- OG DRIKKEVARER.....	69
5.2	UTVALG	69
5.3	DATAINNSAMLING	70
5.4	AKRYLAMID I KOST OG URIN	71
5.5	MAT- OG DRIKKEVARER/NÆRINGSSTOFFER OG URINMETABOLITTER	72
5.6	INDIVIDUELLE TILFELLER.....	73
5.7	MATVARERS OG KAFFES BIDRAG TIL ESTIMERT AKRYLAMIDINNTAK	74
5.8	RØYKING.....	75
6.	KONKLUSJON.....	77
	REFERANSER	78
	VEDLEGG	86

Sammendrag

Bakgrunn: Våren 2002 ble det oppstyr i media fordi en svensk forskningsgruppe hadde funnet akrylamid i en rekke matvarer. Akrylamid er et mulig kreftfremkallende stoff som dannes ved fritering, grilling, steking eller baking av karbohydratrik mat. Selv om akrylamidinntak gir kreft i dyreforsøk, er det fremdeles ikke påvist økt kreftrisiko hos mennesker. Dette kan skyldes at akrylamid ikke utgjør noen betydelig helsefare, eller det kan være undersøkelsesmetodene som ikke er gode nok. Fordi akrylamidinnholdet i samme type matvare kan variere mye, er det vanskelig å beregne kostinntaket av akrylamid nøyaktig. I denne studien ønsket vi å finne ut hvorvidt det er mulig å bestemme kostinntaket av akrylamid ved å bruke markører i urinen.

Metode: Femtitte ansatte ved Folkehelseinstituttet, 47 ikke-røykere og 6 røykere deltok i undersøkelsen. Av disse var 33 kvinner og 20 menn. Deltakerne samlet urin på flasker i ett døgn og ble deretter spurt om hva de hadde spist og drukket de siste 24 timene. Kostinntaket av akrylamid ble beregnet, og det ble analysert for nedbrytningsstoffer i urinen. Til slutt ble akrylamid i kost og urin sammenlignet.

Resultater: Mediant inntak av akrylamid var 17, 5 µg (spredning: 5-177) og tilsvarte 0,24 µg/kg kroppsvekt per dag (spredning: 0,06 – 2,96). Gjennomsnittlig urinutskillelse var 21 µg (±11). Inntak av akrylamid før kl 12 og etter kl 18 korrelerte signifikant med urinutskillelse før kl 18 og i morgenurin, men totalt inntak korrelerte ikke med akrylamid i døgnurin. I en multippel regresjonsmodell ble inntak av kaffe, asparaginsyre og stivelse regnet som uavhengige forklaringsvariabler for akrylamidutskillelse ($r^2 = 0,49$, $p < 0,001$). Inntak av akrylamidrike matvarer kunne i flere tilfeller relateres til økte nivåer av nedbrytningsstoffer i urinen. Røykerne hadde signifikant høyere utskillelse av akrylamid enn ikke-røykerne ($p < 0,001$).

Konklusjon: Totalt beregnet akrylamidinntak korrelerte ikke med utskillelse i døgnurin, men omtrent 50 prosent av variasjonen i utskillelsen kunne forklares med inntak av kaffe, asparaginsyre og stivelse. Inntak av akrylamidrike matvarer kunne i flere tilfeller relateres til økte nivåer av nedbrytningsstoffer i urinen.

Abstract

Background: In Spring 2002, newspapers alarmed that a Swedish research group had found acrylamide in a whole lot of common foods. Acrylamide is a potentially carcinogenic agent that forms when carbohydrate rich foods are fried, broiled, roasted or baked. Even though acrylamide causes cancer in animal studies, evidence of increased cancer risk in humans is still not found. This could mean that acrylamide does not compose a significant health hazard, or it may be the research methods that are not good enough. Because the level of acrylamide vary considerably in the same type of foods, it is difficult to estimate dietary intake of acrylamide precisely. In this study, we wanted to find out whether it is possible to determine dietary intake of acrylamide by using markers in urine.

Methods: Fifty three employees at the Norwegian Institute of Public Health, 47 non-smokers and 6 smokers participated in the study. Of these, 33 were women and 20 were men. The participants collected urine in bottles for 24 hours and were then asked of what they had been eating and drinking during the last day. The dietary intake of acrylamide was estimated, and break down products in urine was analysed for. Finally, acrylamide in diet and urine was compared.

Results: Median intake of acrylamide was 17.5 μg (range: 5-177) and corresponded to 0.24 $\mu\text{g/kg}$ bodyweight per day (range: 0.06 – 2.96). Mean urinary excretion was 21 μg (± 11). Dietary intake of acrylamide before 12 a.m. and after 18 p.m. correlated significantly with excretion of acrylamid in urine. However, total intake did not correlate with 24-h urinary excretion. In a multiple linear regression analysis, intake of coffee, aspartic acid and starch was considered independent predictors of acrylamide excretion ($r^2 = 0.49$, $p < 0.001$). Excretion of acrylamide was significantly elevated in smokers compared to non-smokers ($p < 0.001$).

Conclusion: Total estimated intake of acrylamide did not correlate with excretion in 24-h urine. However, intake of coffee, aspartic acid and starch explained about 50 percent of the variation in urinary metabolites. Intake of foods rich in acrylamide could in several cases be related to an increased level of break down products in urine.

Forkortelser og uttrykk

Beta	<i>Ustandardiserte koeffisienter</i> brukes i en regresjonsligning. <i>Standardisert</i> betyr at verdiene for hver enkelt variabel er regnet om til samme skala, slik at bidraget fra hver enkelt faktor kan sammenlignes.
FAO	Food and Agriculture Organisation
GC-MS	Væskekromatografi koplet til etttrinns massespektrometri
IARC	International Agency for Research on Cancer
IRMM	Institute for Reference Materials and Measurements
JIFSAN	Joint Institute of Food Safety and Applied Nutrition
JRC	Joint Research Centre
LC-DAD	Væskekromatografi koplet til diode array detector
LC-MS	Væskekromatografi koplet til etttrinns massespektrometri
LC-MS/MS	Væskekromatografi koplet til totrinns massespektrometri
LC-UV	Væskekromatografi koplet til ultrafiolett deteksjon
LOD	Limit of detection (deteksjonsgrense)
LOQ	Limit of quantification (kvantifiseringsgrense)
MA-AA	Mercapturic acid of acrylamide (urinmetabolitt av akrylamid)
MA-GA ₂	Mercapturic acid of glycidamide (urinmetabolitt av glycidamid)
MA-GA ₃	Mercapturic acid of glycidamide (urinmetabolitt av glycidamid)
SNT	Tidligere Statens Næringsmiddeltilsyn, nå Mattilsynet

1. Bakgrunn

1.1 Svenske forskere finner akrylamid i mat

Våren 2002 ble det slått alarm i norske media om at potetgull og pommes frites kan gi kreft. Bakgrunnen var at svenske forskere hadde funnet høye verdier av det kreftfremkallende stoffet akrylamid i disse matvarene. Akrylamid var tidligere kjent fra Rocha-Gil, et omstridt og nå forbudt tetningsmiddel som ble brukt for å tette de store vannlekkasjene under tunnelarbeidet med Romeriksporten på Gardermobanen.

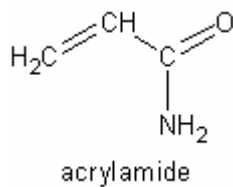
Det samme tetningsmidlet ble brukt ved tunnelbyggingen i Hallandsåsen i Skåne i Sverige. Flere av arbeiderne der fikk skader på det perifere nervesystemet, som kriblinger, stikninger og følelsesløshet i hender og føtter (Hagmar et al., 2001). Beitende kuer som drakk av en bekk i området ble forgiftet av Rocha-Gil (Godin et al., 2000; Godin et al., 2002), fisker døde og drikkevannsbrønner ble forurensset (Aftenposten 2002).

Ved undersøkelse av tunnellarbeidere og andre yrkesgrupper som utsettes for akrylamid, ble det uventet funnet akrylamid også i blodprøvene til kontrollpersonene (Bergmark 1997; Hagmar et al., 2001). Dette ledet svenske forskerne til å undersøke mat som kilde til akrylamid (Tareke et al., 2000; Tareke et al., 2002).

1.2 Akrylamid generelt

Kjemisk

Akrylamid er et hvitt, krystallinsk stoff uten lukt. Det har den kjemiske formelen C_3H_5NO , også kalt **2-propenamid** (Wikipedia 2006b).



Figur 1. Struktur (Wikipedia 2006b).

Stoffet er i hovedsak et industrikjemikalium som brukes til fremstilling av polyakrylamid, et vannløselig tykningsmiddel. Denne polymeren brukes til rensing av drikke- og avløpsvann, til jordstabilisering (får jorda til å holde på mer vann/fuktighet), til å lage polyakrylamidgeler til gelelektroforese i laboratorier, til malmutvinning, i oljeindustrien, og den inngår i produksjon av papir, strykefritt tøy og kosmetikk (IARC 1994; Wikipedia 2006b). Polyakrylamid brukes også som tetningsmiddel (Rocha-Gil) ved tunnelarbeid.

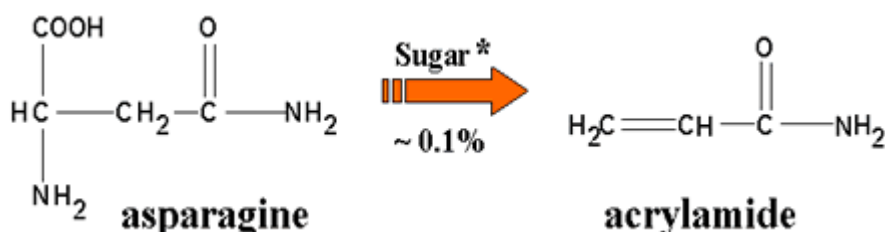
1.3 Akrylamid i mat

Akrylamid dannes hovedsakelig i karbohydratrike matvarer som varmes opp til høye temperaturer, det vil si ved fritering, steking eller baking. Forekomsten er derfor størst i potetprodukter og i kornbaserte varer som knekkebrød, kjeks, småkaker og andre bakervarer, brød og kornblandinger (Livsmedelsverket 2002b; SNT 2002b). Ved steking av proteinrik mat som kjøtt, fjærkre og fisk, dannes det mindre mengder akrylamid (Tareke et al., 2002). En annen kilde er kaffe (SNT 2002a). Det er også funnet akrylamid i sviskejuice og enkelte typer svarte oliven (Roach et al., 2003). Utenom kosten utgjør røyking den største kilden til akrylamid hos personer som ikke er yrkesmessig utsatt (Bergmark 1997; Smith et al., 2000; Hagmar et al., 2005).

1.3.1 Dannelse

Hovedforløpere til akrylamid: Asparagin og sukker

Den vanligste måten akrylamid dannes på er ved en *Maillard-reaksjon*^{*}, hvor aminosyren asparagin reagerer med reduserende[†] sukker som glukose eller fruktose eller reaktive karbonylgrupper (det vil si, enten et aldehyd eller et keton) (Mottram et al., 2002; Stadler et al., 2002). Sukrose kan også inngå i Maillard-reaksjonen ved at det hydrolyseres til glukose og fruktose ved varmebehandling (Becalski et al., 2004). Dannelse av akrylamid skjer kun ved oppvarming til over 120 grader (Mottram et al., 2002; Stadler et al., 2002), og det er ikke påvist akrylamiddannelse ved koking (Dybing et al., 2005).



Figur 2. Dannelse av akrylamid fra asparaginsyre og reduserende sukker.

^{*}Glukose, fruktose, degraderingsprodukter av sukrose og andre sukker, og andre egnede mellomstadier (for eksempel aldehyder). Figuren er hentet fra Health Canada 2005.

Tilstedeværelsen av asparagin og reduserende sukker eller reaktive karbonylgrupper i en matvare er bestemmende faktorer for dannelsen av akrylamid (Dybing et al., 2005). Det ser ut til at like mengder asparagin og glukose gir mest akrylamid (Leufvén & Lignert 2003). En del av forklaringen til de store variasjonene i akrylamidnivået i matvarer er trolig ulike mengder av forløpere i rå matvarer (Becalski et al., 2003). Asparaginnholdet varierer i ulike kornslag, og grovt mel har

^{*} **Maillard-reaksjonen** (uttales: ma`jaar) er en ikke-enzymatisk bruningsreaksjon hvor det ved varmebehandling av ulike matvarer dannes komplekser mellom en aminosyre og et reduserende sukker. Karamelliseringen som skjer når man lager brunost er et eksempel på dette. Den samme reaksjonen skjer i skorpa på brød og boller og når man steker poteter så de får skorpe. Maillard-reaksjonen gir både farge og smak til mange matvarer.

[†] Et *reduserende sukker* inneholder en fri aldehyd- eller ketogruppe. For at aldehyd- eller ketogruppen skal være fri, må sukkeret foreligge i kjedeform. Vi kaller det reduserende fordi det for eksempel kan redusere Cu^{2+} til Cu^+ .

mer asparagin enn fint mel (Fredriksson et al., 2004; Surdyk et al., 2004).

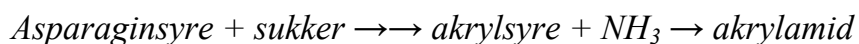
Konsentrasjonen av asparagin og sukker varierer betydelig i rå poteter (Becalski et al., 2003). I poteter som lagres under 8-10 grader, øker sukkerinnholdet på grunn av omdanning fra stivelse. Dette gjør at jo lengre potetene lagres, dess mer akrylamid dannes det ved påfølgende steking og fritering (Amrein et al., 2003). Å forvelle[‡] eller bløtlegge potetskiver i vann før fritering har vist å kunne minske dannelsen av akrylamid i chips. Årsaken er at det reduserer innholdet av sukker og aminosyrer (Kita et al., 2004).

Andre mulige forløpere til akrylamid

Andre aminosyrer

Det er hovedsakelig aminosyren asparagin som inngår i dannelsen av akrylamid. Aminosyrer som alanin, arginin, asparaginsyre, cystein, glutamin, metionin, treonin og valin kan også gi opphav til små mengder (Friedman 2003). Men disse bidrar sannsynligvis ikke vesentlig til akrylamiddannelse i matvarer.

Asparaginsyre ligner på asparagin men har en hydroksidgruppe (-OH) i stedet for en amidgruppe (-NH₂). Den kunne derfor være mer tenkelig til å danne akrylamid enn andre aminosyrer. Fri asparaginsyre i matvarer kan under varmebehandling med sukker danne akrylsyre og videre akrylamid forutsatt at ammoniakk (NH₃) er til stede (JIFSAN 2004).



Dannelse av akrylamid på denne måten ser allikevel ut til å være marginal (Leufvén & Lignert 2003; JIFSAN 2004). Når asparaginase tilsettes til potetprodukter og dermed spaltes asparagin til asparaginsyre, reduseres akrylamidnivået med 97 %. (JIFSAN 2004).

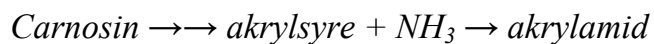
[‡] Med forvelling menes rask varmebehandling og rask avkjøling av en matvare. Matvaren slippes i kokende vann et par minutter for deretter å avkjøles i iskaldt vann. Denne metoden brukes blant annet før nedfrysing av mange frukt og grønnsaker.

Akrylsyre kan også dannes ved pyrolyse av serin og cystein. Reaksjonen går via pyrodruesyre og melkesyre til akrylsyre, som ved dehydrering kan gi akrylamid hvis ammoniakk (NH_3) er tilgjengelig.



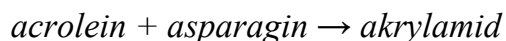
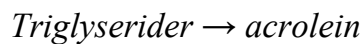
Dipeptider i kjøtt

Carnosin (beta-alanyl-L-histidin) er et dipeptid bestående av aminosyrene beta-alanin og histidin. Dette peptidet er konsentrert i muskel- og hjernevev (Wikipedia 2006b) og utgjør en mulig kilde til akrylamid i stekt kjøtt. Ved slik varmebehandling kan beta-alanin gi opphav til akrylsyre, som i videre reaksjon med ammoniakk (NH_3) kan gi akrylamid. En annen måte det kan skje på, er ved at carnosin degraderes til akrylamid via beta-alaninamid. I stekt kjøtt er det funnet 20-50 μg akrylamid per kg (Tareke et al., 2002; JIFSAN 2004).

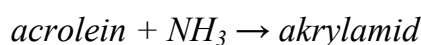


Triglyserider

Det har vært diskusjon om hvorvidt fettstoffer kan bidra til dannelsen av akrylamid (Leufvén & Lignert 2003). Oksidering av triglyserider ved varmebehandling gir opphav til store mengder *acrolein*. I modellsystemer er det observert at acrolein, som inneholder en karbonylgruppe ($\text{C}=\text{O}$), kan reagere med asparagin og danne akrylamid. Acrolein kan også omdannes direkte til akrylamid ved reaksjon med ammoniakk (NH_3) (Yasuhara et al., 2003; JIFSAN 2004).



eller



Kaldpressede oljer med mye flerumettet fett (som hvetekimolje) kan gi akrylamid ved oppvarming over lang tid. Det tenkes da at asparagin og karbonylgrupper ($C=O$) må være til stede for å reagere i oljen (JIFSAN 2004). En forskningsgruppe påviste høyere akrylamidkonsentrasjon i poteter ved fritering i olivenolje enn i maisolje, mens akrylamiddannelse i maisolje sammenlignet med parafin var omtrent lik (Becalski et al., 2003). I en annen studie ble det ikke funnet noen signifikant forskjell på akrylamiddannelse om pommes frites ble fritert i oliven-, raps-, mais-, solsikke-, druekjerner- eller soyaolje. Det ble heller ikke observert signifikant forskjell på fritering i palmefett, hydrogenert soyaolje eller parafin (Mestdagh et al., 2005). Andre har ikke funnet noen signifikant effekt på akrylamiddannelse ved fritering i ulike typer olje (Jackson & Al Taher 2005).

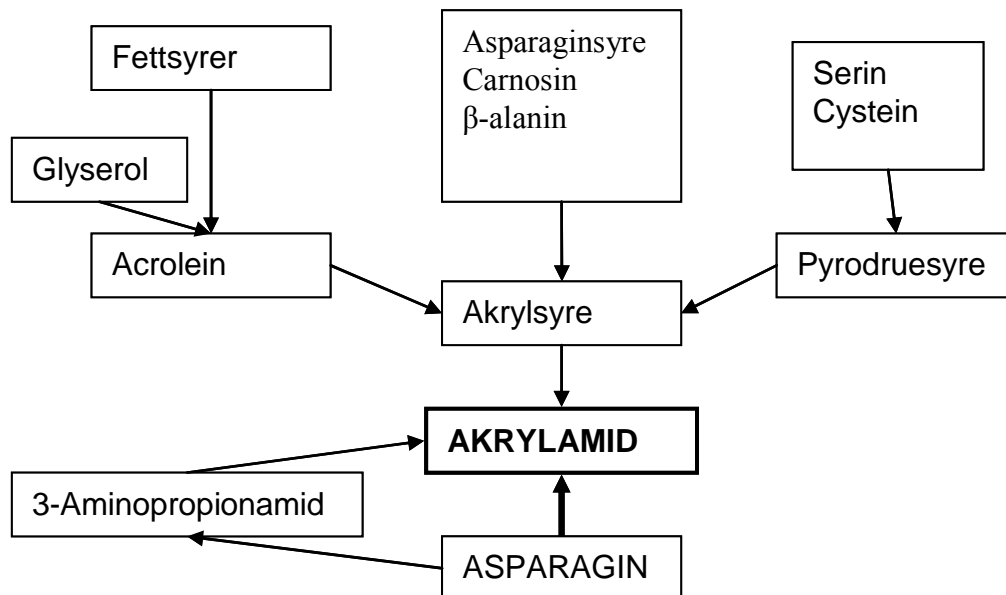
Ammoniakk og acrolein er foreslått som viktige forløpere til akrylamid ved varmebehandling av fettrike matvarer (Yasuhara et al., 2003). Men ifølge Becalski og medarbeidere (2003), ser det ikke ut til at acrolein fra triglyserider gir opphav til akrylamid i friterte poteter. Flere studier er gjort med hensyn til akrylamiddannelse fra lipider, men det er ikke funnet konkluderende holdepunkter for at de har innvirkning på dannelsen av akrylamid (Leufvén & Lignert 2003). Taeymans og medarbeidere (2004) hevder at lipider kun har marginal effekt.

En nyere studie foreslår imidlertid at akrylamid, ved fravær av reduserende sukker, dannes i asparaginrike matvarer ved fritering. Studien undersøkte ulike modellsystemer hvor aminosyrer ble varmebehandlet sammen med ulike fettstoffer, *akrylsyre* eller acrolein. Resultatene viste økt dannelse av akrylamid med økende grad av flerumettet fett. Asparagin og akrylsyre (et oksidasjonsprodukt av acrolein) ga opphav til høyest akrylamidnivåer, men også med glutamin, lysin og arginin (alle disse har nitrogen i sidekjeden) ble det dannet store mengder. Når akrylsyre ble byttet med acrolein, var det kun asparagin som førte til store mengder akrylamid. Ut i fra dette antar forskerne at oksideringen av acrolein til akrylsyre er et kritisk trinn for å få dannet akrylamid. Det er imidlertid ikke gitt at reaksjonen går denne veien. I stedet for å oksideres til akrylsyre, kan acrolein reagere med andre matvarebestanddeler.

Alternativt kan acrolein og akrylsyre forsvinne fra systemet ved fordamping (Ehling et al., 2005).

Oppsummering: Veier til akrylamid

Figuren nedenfor viser ulike veier til akrylamid. Som nevnt tidligere, er det klart at asparaginsyre (+ sukker) er den mest vesentlige bidragsyteren. Vannløselige forløpere som 3-aminopropionamid danner trolig akrylamid når det analyseres for denne ved ekstraksjon under harde, basiske forhold. Dette er imidlertid et ekstraksjonsartefakt (Goldmann et al., 2006) (se mer s.71).



Figur 3. Veier til akrylamid (Eriksson 2005). Dannelse av akrylamid fra 3-aminopropionamid er trolig et artefakt grunnet ekstraksjon under harde, basiske forhold ved analyse

1.3.2 Andre faktorer av betydning for akrylamiddannelse/-innhold

Varme

Ovnsteking

Dannelsen av akrylamid øker fra temperaturer på 120 – 170 grader, for deretter å minke (Mottram et al., 2002). I pommes frites som ble ovnstekt ved en konstant temperatur på 200 grader, økte dannelsen av akrylamid eksponentielt med tiden, men

avtok etter lengre tids steking (20 min). Dette ble tilskrevet at det foregikk en eliminering eller degradering (Rydberg et al., 2003). I hvetebrikker (Weetabix) som ble stekt bare akkurat nok til å kunne spises, økte akrylamidkonsentrasjonen med 15-45 %. Når hvetebrikkene ble stekt til de nærmest var brent, ble akrylamidnivået redusert med 40-50 %. Samme tendens ble observert ved risting av kaffebønner (Taeymans et al., 2004). Andre forskere har observert økende akrylamidnivåer med tid (16-24 minutter) i ovnsstekt pommes frites. Ovnens holdt en konstant temperatur på 230 grader, og akrylamidinnholdet økte eksponentielt mot slutten av steketiden (Jackson & Al Taher 2005).

Fritering

I et forsøk ble frossen pommes frites fritert i 150-190 grader i opptil 10 minutter. Akrylamidinnholdet økte med økende tid og temperatur. Mot slutten av friteringen økte akrylamiddannelsen eksponentielt. Dette skyldes trolig at temperaturen stiger ettersom overflaten blir tørrere (Jackson & Al Taher 2005). Andre har også funnet at akrylamiddannelsen akselererer mot slutten (Grob et al., 2003), særlig over 175 grader (Gertz & Klostermann 2002).

Mikrobølger

Oppvarming eller tillaging av mat i mikrobølgeovn fører ikke til akrylamiddannelse i alle matvarer, men det kan gi betydelig dannelse av akrylamid i poteter (Tareke et al., 2002; Roach et al., 2003). I matvareprodukter som er pakket i reflekterende materiale designet for å fremme popping eller bruning, kan temperaturen øke til over 260 grader, noe som muliggjør dannelse av akrylamid. Eksempel på slike matvarer er mikropopcorn og mikropizza (Calvey et al., 1995; Roach et al., 2003).

Trykkoking

Det er rapportert at sterilisering av gnagerfôr ved trykkoking gir opphav til betydelige mengder akrylamid (Twaddle et al., 2004). Det høye trykket gjør at temperaturen i gryten overstiger 100 grader, i motsetning til ved vanlig koking.

Total varmetilførsel er viktig, metoden har mindre betydning

Ovnsteking, pannesteking, fritering eller tillagning av poteter i mikrobølgeovn ser ikke ut til å utgjøre noen betydelig forskjell med hensyn til akrylamiddannelse (Taubert et al., 2004). Ifølge Dybing og medarbeidere (2005) er den totale varmetilførselen viktigere enn den absolutte temperaturen. Dette støttes også av andre (Taubert et al., 2004).

Vanninnhold

Lav fuktighet har mer å si for mengden akrylamid som dannes enn temperatur. En stor del av variasjonen i akrylamidinnhold mellom forskjellige bakervarer kan tilskrives ulik fuktighet (Sadd & Hamlet 2005). I kjeks med ulikt vanninnhold, er det funnet økt dannelse av akrylamid med minkende fuktighet (Taeymans et al., 2004). Vannretensjon ser ut til å beskytte mot pyrolyse (Tareke et al., 2002). Rydberg og medarbeidere (2005) foreslår at tilsetninger med evne til å binde vann kan redusere akrylamiddannelsen. Men i et forsøk hvor man tilsatte havreklikonsentrat til brød, forble akrylamidkonsentrasjonen uendret (Mustafa et al., 2005). Akrylamidnivåene steg i kjeks bakt med sammalt hvete og kli i forhold til i kjeks bakt kun på siktet hvetemel (Taeymans et al., 2004). Dette kan imidlertid skyldes høyere asparagininhold i sammalt mel.

pH

Maillard-reaksjoner (og akrylamiddannelse) favoriseres ved høy pH (>7). Dette skyldes at sukkerringen må åpnes til en reduserende kjedeform, og denne åpningen øker når pH-en stiger (Claeys et al., 2005). Ettersom Maillard-reaksjonen går fremover, vil det imidlertid dannes H^+ -ioner, slik at pH-verdien senkes og dermed også hastigheten på Maillard-reaksjonen (Claeys et al., 2005). pH har stor betydning både for hastigheten på Maillard-reaksjonen og for dannelsen av reaksjonsprodukter. I homogenisert og varmebehandlet potet tilsatt ulike mengder syre og base, ble det observert høyest akrylamidkonsentrasjon ved pH rundt 8 (Rydberg et al., 2003). Å forvelle eller bløtlegge potetskiver i sitronsyreløsning før fritering har vist å kunne minske dannelsen av akrylamid i chips (Kita et al., 2004).

Hevemidler

Hjortetakksalt (ammoniumhydrogenkarbonat) eller hornsalt brukt som hevemiddel i blant annet pepperkaker, kan øke hastigheten på dannelsen av akrylamid med opptil 5 % (Dybing et al., 2005). En annen studie fant at hjortetakksalt førte til en sterk økning av akrylamidkonsentrasjonen i pepperkaker. Byttet man ut hornsaltet med natriumbikarbonat (natron), ble akrylamidinnholdet redusert med >60 % (Amrein et al., 2004).

Lang tids heving av brøddeig reduserer innholdet av akrylamid betraktelig. Dette skyldes at gjæren spiser opp asparagin. Surdeig spiser ikke opp asparagin like effektivt og har i tillegg en negativ effekt på gjærens utnyttelse av asparagin (Fredriksson et al., 2004).

Tilsetning av proteiner og aminosyrer

En studie undersøkte effekten av proteiner på akrylamiddannelse ved å lage kaker av mager fisk og raspet potet i ulike blandingsforhold. Kakene ble stekt i ovn eller stekepanne. Akrylamidnivåene avtok med 70 % i lik blanding, noe som tilsier at effekten var vesentlig større enn forventet for en additiv effekt. Forfatterne foreslår en reduserende effekt av protein, og mulige årsaker er eliminering av akrylamid ved reaksjon med nukleofile –SH og –NH₂ grupper på aminosyresidekjeder (Rydberg et al., 2003).

I et annet eksperiment ble ulike aminosyrer tilsatt homogenisert potet og stekt i ovnen. Med unntak av asparagin, ble akrylamidinnholdet redusert for alle aminosyrene som ble testet (glysin, alanin, lysin, glutamin og glutaminsyre) (Rydberg et al., 2003). Leufvén & Lingnert (2003) rapporterte også om lavere nivåer av akrylamid når asparagin og glukose ble varmebehandlet sammen med biff. Årsaken kunne være at biffmatriksen hemmet reaksjonen, at det foregikk konkurrerende reaksjoner eller binding av akrylamid til bestanddeler i biffen. Tilsetning av cystein til asparagin-glukosemodellen ga også redusert konsentrasjon av akrylamid. I et forsøk minsket akrylamiddannelsen i et system med asparagin, glukose og lysin i

forhold til uten tilsetning av lysin. Forklaringshypotesen er at lysin fungerer som en konkurrerende hemmer på grunn av sin høye aktivitet i Maillard-reaksjonen (Becalski et al., 2003).

Krydder og urter

Ved analyse av ulike typer potetgull, ble det observert lavest akrylamidnivå i en type med olivenolje og rosmarin. Dette testet de ut i laboratoriet ved å lage potetgull fritert i olivenolje med eller uten rosmarin. Å tilsette rosmarin reduserte akrylamiddannelsen med omkring 25 prosent (Becalski et al., 2003). Tilsvarende er det funnet at akrylamidnivåene i potetgull ble redusert med opptil 50 prosent ved å tilsette et flavonoidrikt kryddermiks (Leufvén & Lignert 2003). Det er foreløpig ikke kjent hvordan krydder og urter eventuelt kan bidra til å senke akrylamidinnholdet i matvarer.

Eliminering/degradering

Ved varmebehandling

En matvares innhold av akrylamid er nettoresultatet av komplekse reaksjoner som ikke bare fører til dannelse av akrylamid men også til eliminering/degradering (Rydberg et al., 2003). Som nevnt tidligere, øker dannelsen av akrylamid med økende temperatur og steketid. Over en viss temperatur eller etter lengre tids varmebehandling, vil konsentrasjonen avta. Dette er observert både i modellsystemer og i matvarer (Rydberg et al., 2003; Taeymans et al., 2004; Taubert et al., 2004; Claeys et al., 2005). I undersøkelse av modellsystemer med asparagin og henholdsvis glukose, fruktose og sukrose, ble det observert at dannelse og eliminering av akrylamid foregikk samtidig. Forskerne tilskrev minkende akrylamidkonsentrasjon etter lengre tids varmebehandling at elimineringen ble dominerende over dannelsen (Claeys et al., 2005). Elimineringen kan skyldes at akrylamid reagerer med andre stoffer i maten eller modellsystemet (jæmfør avsnittet Tilsetning av proteiner og aminosyrer) (Leufvén & Lignert 2003), og det kan skyldes degradering eller polymerisering av akrylamid (Claeys et al., 2005). Studier av Taubert og

medarbeidere (2004) tyder på at avtagende akrylamidnivåer heller skyldes degradering enn polymerisering.

Under lagring

Både i kaffe (hele bønner og ristede og malte) og kakaopulver er det registrert at akrylamidnivået synker etter lagring i henholdsvis 3 og 6 måneder. Innholdet er stabilt i løselig kaffe og i matvarer som kjeks, cornflakes, knekkebrød, råørsukker, potetgull og peanøtter lagret i 3 måneder (Hoenicke & Gatermann 2005). I to typer kaffe som ble lagret ved romtemperatur i 6 måneder, avtok akrylamidnivåene med 40 prosent. I en tredje type kaffe ble innholdet redusert med 65 prosent (Andrzejewski et al., 2004). Aromastoffer i kaffe og kakaopulver inneholder SH-grupper, og det er foreslått at reaksjon med disse kan være ansvarlig for degraderingen av akrylamid i kaffe og kakao. Ved å tilsette akrylamid til svovlede aprikoser, så man at nivået minket signifikant etter noen få dagers lagring. Dette støtter hypotesen om reaksjon med svovelholdige stoffer. Derimot antas det at aromastoffer i løselig kaffe er mindre (eller ikke) tilgjengelige (Hoenicke & Gatermann 2005).

Konklusjon

Som beskrevet ovenfor, er det mange faktorer som virker inn på akrylamiddannelse og -innhold. Dette gjør at det er vanskelig å bestemme kostinntaket.

1.4 Akrylamid i mennesket

1.4.1 Metabolisme

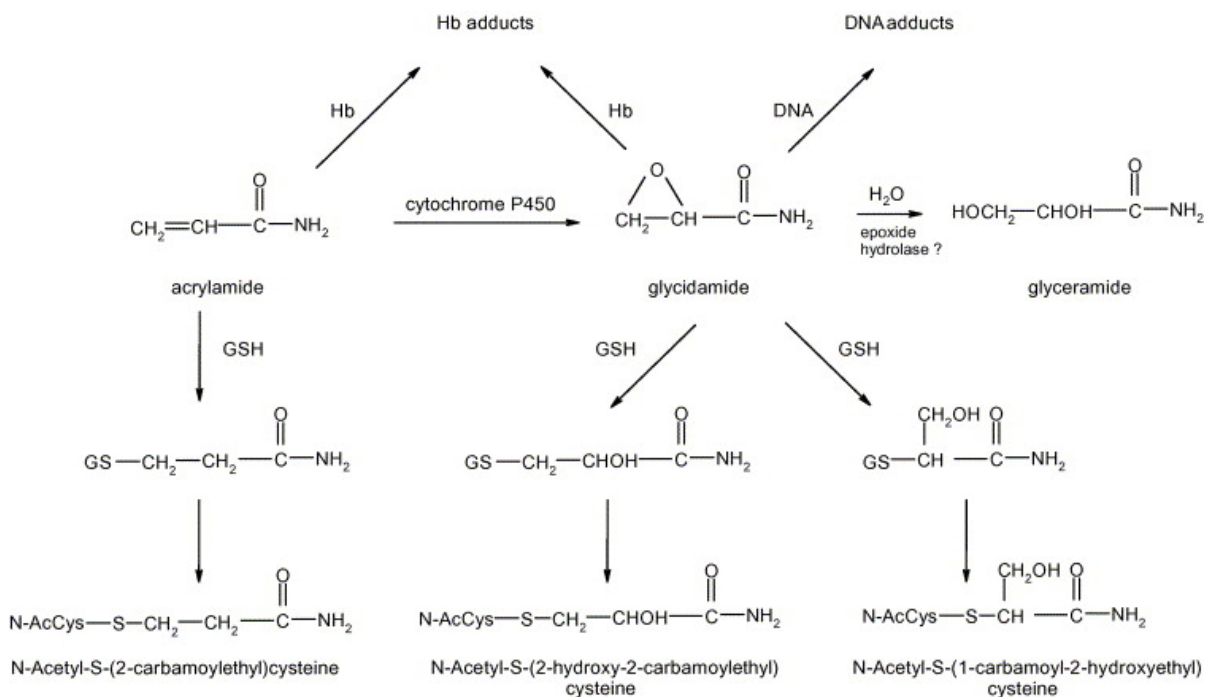
Opptak

Akrylamid har høy biotilgjengelighet i dyremodeller, hvor mellom 68 og 99 % er målt absorbert. Biotilgjengeligheten av akrylamid hos mennesker er det usikkerhet om. Man vet heller ikke om ulike strukturer i matvarer påvirker biotilgjengeligheten (Dybing et al., 2005). Ifølge Schabacker og medarbeidere (2004) er det sannsynlig at

akrylamid kan reagere med bestanddeler i mat, fordi det er et reaktivt molekyl. Etter forsøk med en human tarmmodell, fant forskningsgruppen at opptak gjennom tarmepitelet foregikk ved passiv diffusjon og at akrylamid viste høy biotilgjengelighet. Når akrylamid ble inkubert med en cysteinkilde som glutation eller eggalbumin, ble det observert en reduksjon både i fritt akrylamid og transport over tarmepitelet. Fordi akrylamid inneholder en reaktiv terminal dobbeltbinding, er den i stand til å danne kovalente bindinger med proteiner, DNA og RNA. Forskerne konkluderer med at et proteinrikt kosthold kan redusere opptak av akrylamid.

Avgiftning og utskillelse

Akrylamid er vannløselig, nedbrytes raskt i leveren og utskilles fra kroppen. Nedbrytningen skjer hovedsakelig ved at akrylamid konjugeres direkte med glutation (GSH) og gir en merkaptursyre (MA-AA) som skilles ut med urinen. En liten andel oksideres av cytokrom P-450 2E1 enzymet til epoksidet glycidamid (Sumner et al., 1999; Dybing et al., 2005). Glycidamid kan videre hydrolyseres til glyceramid, eller det kan konjugeres med glutation og videre gi to forskjellige merkaptursyremetabolitter (MA-GA₂ og MA-GA₃) som skilles ut med urinen.

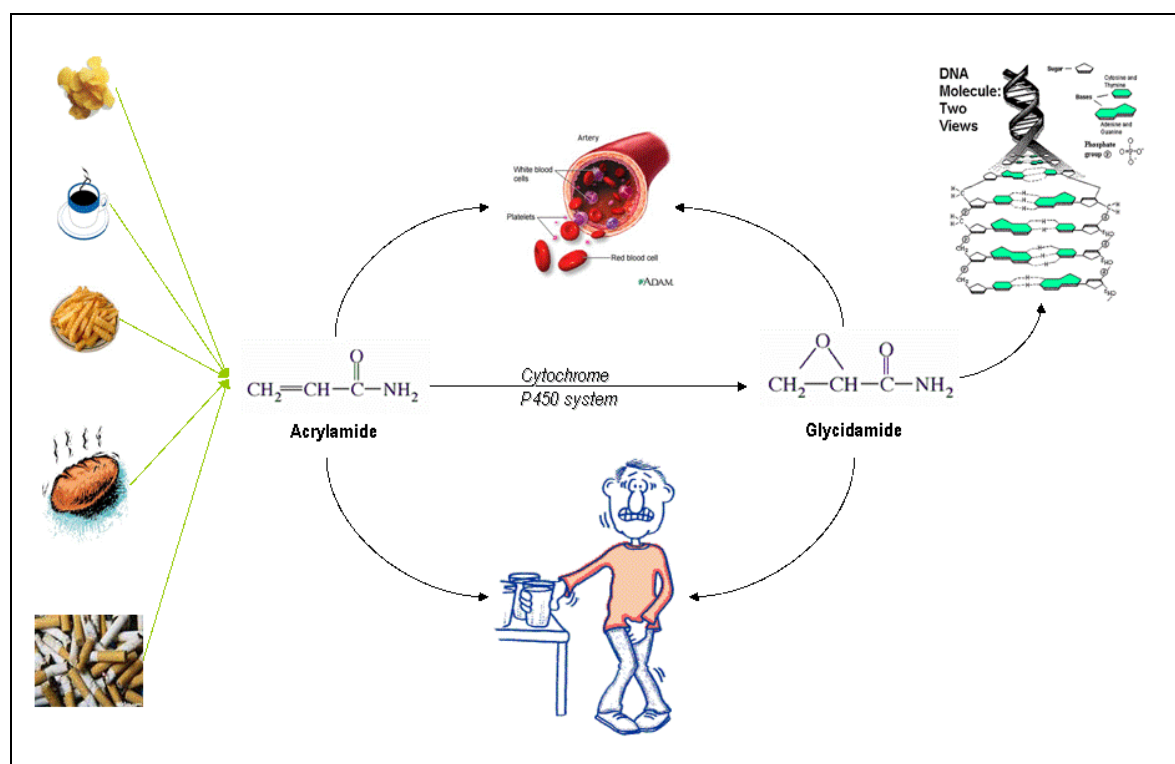


Figur 4. Metabolske veier for akrylamid (Dybing et al., 2005).

I en human studie (1 person) ble 51 % av en inntatt dose akrylamid gjenfunnet i urinen i løpet av de første 24 timene (Boettcher et al., 2006). En annen studie (6 personer) fant igjen 43 % av dosen i døgnurinen (Fuhr et al., 2006).

Binding til makromolekyler

Både akrylamid og glycidamid har evne til å binde kovalent til nukleofile seter på biologiske makromolekyler som -SH og -NH₂ grupper på proteiner (deriblant hemoglobin) og nukleinsyrenitrogener (**Figur 5**). Kun glycidamid danner addukter med DNA in vivo (Doerge et al., 2005). Derfor regnes den som en genotoksisk, reaktiv metabolitt (WHO 2002). Slik sett er det av stor interesse å vite hvor stor andel av akrylamid som oksideres til glycidamid. Flere studier tyder på at graden av omdanning er mindre hos mennesker enn hos rotter og mus (Fennell et al., 2005; Fuhr et al., 2006).



Figur 5. Omdanning og utskillelse av akrylamid (fra Thomas Bjellaas).

Polymorfismer og metabolisme av fremmedstoffer

Polymorfismer i glutation-S-transferaseenzymer kan gi opphav til ulik metabolisme av fremmedstoffer. Slike genetiske variasjoner kan også tenkes å gi ulik toksisitet av akrylamid (Friedman 2003). Effekten av to ulike genotyper for glutation transferase ble undersøkt in vitro. Men polymorfismer i disse enzymene hadde ingen signifikant betydning for hemoglobinadduktnivåene (Paulsson et al., 2005a; Paulsson et al., 2005b).

Leverenzymer og toksisitet

Utenom genetiske variasjoner, har oksidativt stress, underernæring og leverskade betydning for nivået av leverenzymer. Slike tilstander medvirker til lavere nivåer av glutation (GSH) i leveren, noe som igjen kan øke toksisiteten av akrylamid (Friedman 2003). Frukt og grønnsaker inneholder plantenæringsstoffer som motvirker oksidativt stress. Det kunne derfor tenkes at et høyt inntak av disse matvarene kan virke beskyttende i forhold til akrylamid. I tillegg til antioksidanter, inneholder frukt og grønnsaker indirekte antioksidanter som har evne til å øke nivåene av GSH og øke transkripsjonen av ulike fase-II enzymer i leveren (Fahey et al., 1997; Park & Pezzuto 2002).

1.4.2 Toksisitet

Kreft

Polyakrylamid regnes ikke for å være toksisk, det er kun monomeren akrylamid det knyttes helseproblemer til. The International Agency for Research on Cancer har klassifisert akrylamid som et gruppe 2A karsinogen (IARC 1994). Det vil si at akrylamid har vist seg å være karsinogen i dyreforsøk, og at det er et mulig karsinogen hos mennesket.

Forsøksdyr

Akrylamid gitt til mus gir lungekreft og hudkreft (ved hud-eksponering). Hos rotter er det funnet kreft peri-testikkulært, i skjoldbruskkjertelen, bryst og hjernen. Det er også

observert at rotter får svulst i binyremargen, godartet svulst i hypofysen, klitoris og munnhulen, og ondartet svulst i livmoren (Rice 2005).

Mennesker

SNT (Statens næringsmiddeltilsyn, nå: Mattilsynet) har estimert akrylamidinntaket i befolkningen ut ifra tidligere kostundersøkelser. På bakgrunn av dyreforsøk og analyse av kostdata har de vurdert risikoen for utvikling av kreft relatert til akrylamid hos mennesker. Risikoestimatet er på 6 krefttilfeller per 10 000 individer etter livslang eksponering for akrylamid fra mat og kaffe. Dette tilsvarer 39 ekstra krefttilfeller per år eller at akrylamid kan være ansvarlig for omkring 1 % av alle krefttilfeller relatert til kosthold (SNT 2002c).

Foreløpig har man ikke greid å påvise kreft relatert til akrylamideksponering hos mennesker. Retrospektive analyser av case-kontroll-studier i Europa har sett på eksponering av akrylamid i forhold til tykk- og endetarmskreft, brystkreft, nyrekreft, urinblærekreft, prostatakreft, eggstokkreft, kreft i munnhule, svelg, strupehode og spiserør uten å kunne påvise noen sammenheng (Mucci et al., 2004; Mucci et al., 2005; Mucci et al., 2006; Pelucchi et al., 2006; Rice 2005). Derimot er det funnet en doblet risiko for kreft i bukspyttkjertelen hos industriyrkesarbeidere som var høyest eksponert for akrylamid. Man har imidlertid ikke sett noen dose-respons effekt (Rice 2005).

Nevrologiske skader

Akrylamid tas opp gjennom huden og ved inhalering hos eksponerte yrkesarbeidere. Hos disse er det rapportert tilfeller av skader både på det sentrale og perifere nervesystemet, og det er funnet sammenheng mellom perifer neuropati og hemoglobinaddukter (IARC 1994; WHO 2002). Hagmar og medarbeidere (2001) fant en sterk dose-respons-sammenheng mellom hemoglobinaddukter og perifere nervesymptomer hos tunnelarbeidere som ble eksponert for akrylamid i Hallandsåsen i Sverige. Symptomene var imidlertid milde, og forsvant i nesten alle tilfellene etter

18 måneder. Man tror at akrylamid heller enn glycidamid er ansvarlig for de nevrotoksiske effektene (Dybing et al., 2005).

Effekt på reproduksjon

Akrylamid gir nedsatt fruktbarhet i mus- og rotteforsøk. Dosen som skal til er høyere enn for nevrologiske skader (IARC 1994; WHO 2002).

Fosterutvikling

Akrylamid er påvist å krysse navlestrengen, og fosteret antas å eksponeres minst like høyt som moren. Dette er potensielt bekymringsfullt, siden fosteret er meget utsatt i utviklingen (Schettgen et al., 2004).

1.5 Akrylamid – reell helsetrussel eller falsk alarm?

Varslingen om akrylamid i mat skapte oppstyr en tid, men kritikere hevdet at faren var overdreven. Det skapte også debatt at den svenske forskningsgruppen og Livsmedelsverket opplyste media før forskningsresultatene var publisert. Årsaken var at informasjon om funnene allerede var begynt å lekke ut. Derfor følte både den svenske forskningsgruppen og Livsmedelsverket at det hastet å kommunisere resultatene til media, selv om de egentlig var blitt enige om å vente til artikkelen var publisert. Artikkelen var på denne tiden akseptert av Journal of Agricultural and Food Chemistry men ennå ikke publisert (Lofstedt 2003; Tornqvist 2005).

Oppstyret omkring akrylamid i norske media har i dag gitt seg for lengst. Folk er ikke lenger redde for å spise potetgull eller pommes frites, og KiMs øker salget av snacks (Aftenposten 2004). Var det ikke farlig likevel? Eller hvor farlig er egentlig akrylamid?

Manglende holdepunkt for kreftrisiko i epidemiologiske studier

Som tidligere nevnt, er det på bakgrunn av observasjonsstudier ikke funnet holdepunkter for at akrylamid gir kreft hos mennesker. Disse studiene har imidlertid

begrenset styrke til å fange opp mindre økninger i kreftisiko (Hagmar & Tornqvist 2003; Vainio 2003; Rice 2005), og de har også andre metodologiske problemstillinger (Fuhr et al., 2006). Ifølge Rice (2005) tyder studiene allikevel på at akrylamid ikke utgjør noen større kreftisiko i et vestlig kosthold.

Metodesvakheter

Liten risikoøkning vanskelig å fange opp

Når det gjelder observasjonsstudier generelt, kan man aldri trekke sikre konklusjoner med hensyn til årsak – virkning. Grunnen er at de har å gjøre med en rekke faktorer som ofte samvarierer eller har sammenheng med hverandre på annen måte. Som regel er slike studier heller ikke i stand til å fange opp en sikker økning i kreftisiko på under 10 % (Ruden 2004). På bakgrunn av dyreforsøk og kostdata, er det estimert at akrylamideksponering fra mat og kaffe utgjør en livstidsrisiko for kreft på mindre enn 1 % i Norge (SNT 2002c). Ser vi på de vanligste kreftformene i Norge, tykktarmskreft, brystkreft og prostatakreft, er risikoen for å utvikle en av disse i løpet av livet henholdsvis 7 %, 8 % og 12 % (Kreftregisteret 2006). I de mer sensitive studiene, vil grensen for å oppdage en kreftisiko være på 1 per 100 eller 1 per 1000, og selv en risiko i denne størrelsesordenen betraktes i mange tilfeller som uakseptabel. Ingen av observasjonsstudiene som er utført har vært store nok til å fange opp den estimerte kreftisikoen fra akrylamid. Tilstrekkelig store studier vil heller ikke være realistisk å gjennomføre. Imidlertid ”bør det ikke forventes at alle humane karsinogener har effekter som er store nok til at de kan oppdages i observasjonsstudier” (Ruden 2004).

Retrospektive analyser av gamle kostdata

Et annet problem med de nevnte observasjonsstudiene, er at de har analysert for kreftisiko knyttet til akrylamid retrospektivt. Da det ble kjent at mat utgjorde en betydelig kilde til akrylamid, ble inntaket i befolkningen estimert på bakgrunn av tidligere kostholdsundersøkelser og matkonsumdata. Disse undersøkelsene var imidlertid ikke designet for å beregne akrylamidinntak og er dermed ikke spesifikke

nok. Fordi de er noen år gamle, er de nødvendigvis heller ikke representative for dagens kosthold (Dybing et al., 2005).

Fortsatt behov for forskning på akrylamid

Næringsmiddelindustrien har etter ”føre-var-prinsippet” satt i gang tiltak for å redusere innhold av akrylamid i matvarer. Det foregår også mye forskning på området. Foreløpig har man lite kunnskap om i hvilket omfang befolkningen eksponeres for akrylamid gjennom mat og drikke og om hvilke nivåer som representerer en helsetrussel. Man vet heller ikke nok om biotilgjengeligheten av akrylamid hos mennesker eller om mulige positive eller negative interaksjoner mellom kostfaktorer.

*”Selv om akrylamid er kjent som en toksisk substans, er det ikke klart hvilken innvirkning mengdene som finnes i mat har på folkehelsen”
(Slayne & Lineback 2005).*

Derfor oppfordrer FAO/WHO Expert Consultation til mer forskning på akrylamid, og anbefalingene inkluderer også overvåkning av inntak via mat.

1.6 Redskap for måling av akrylamideksponeringen

Etter hvert har det kommet store datamengder om akrylamidinnhold i matvarer, noe som gjør det mulig å estimere akrylamideksponeringen fra kosten. Allikevel knytter det seg usikkerhet til slike inntaksberegninger, fordi det kan være stor spredning i akrylamidinnholdet i samme type matvare. Mengden akrylamid som dannes avhenger både av råvarer, tilberedningsmetode eller produksjonsprosess og eventuelt lagring. Derfor vil det være nødvendig å validere inntaksberegninger opp imot biomarkører.

1.6.1 Kostholdsmetoder

Direkte metoder

Dobbeltporsjonsmetoden (“duplicate diet”)

Eksponering fra akrylamid kan måles ved at studiedeltakere samler dobbel porsjon av alt de spiser og drikker. Deretter analyseres mat- og drikkevarene for akrylamid.

Denne metoden er omstendelig og krevende for deltakerne, noe som vil medføre færre deltakere. Det vil derfor ikke være realistisk å gjennomføre en dobbeltporsjonsmetode på større utvalg.

Indirekte metoder

Med disse metodene estimeres akrylamidinntaket på bakgrunn av tilgjengelige data over målte verdier i matvarer.

Kostregistrering med eller uten veiing

Studiedeltakerne skriver opp hva de spiser og drikker i 3-7 dager. Kosten kan registreres ved hjelp av antall, porsjoner eller husholdningsmål, eller den kan veies.

Denne metoden krever nøye instruksjon av deltakerne før gjennomføring.

Kostregistrering med veiing er mest krevende.

Matvarefrekvensspørreskjema (FFQ)

Matvarefrekvensspørreskjemaer er mye brukt i epidemiologiske studier, fordi de kan brukes på mange tusen personer. Metoden gir et generelt bilde av kostholdet over en lengre tidsperiode. Problemet er at skjemaene har lett for å bli veldig omfattende, slik at terskelen for å fylle dem ut blir høyere. Et annet problem er at matinntaket ofte overestimeres, men det hender også at det underestimeres. Kaffeinntaket ser det imidlertid ut til respondentene er i stand til å angi ganske nøyaktig (SNT 2002c).

Tjuefiretimers kostintervju

Et 24-timers kostintervju gir informasjon om hva et individ har spist og drukket den foregående dagen. Ved å gjøre repeterende intervjuer, oppnås et mer helhetlig

inntrykk av kostholdet. Fordelen med et 24-timers kostintervju er at det gir opplysninger om alt personen har spist, ikke bare matvarer som er listet i et spørreskjema. Denne metoden kan også gi mer detaljerte opplysninger om tilberedningsmetoder og om type produkt, både merke- og produktnavn (Dybing et al., 2005).

1.6.2 Biomarkører

Hemoglobinaddukter i blod

Hittil har det vært vanlig å bruke hemoglobinaddukter som mål på eksponeringen for akrylamid (Bergmark et al., 1993; Bergmark 1997; Hagmar et al., 2001). Både akrylamid og glycidamid danner stabile addukter med hemoglobin, og hemoglobinadduktene representerer mengden akrylamid som er til stede i sirkulasjonen gjennom de røde blodcellenes livstid. Disse cellenes levetid er omtrent 125 dager. Kvantifisering av hemoglobinadduktnivået vil derfor gi et godt estimat på langtidseksponeringen av akrylamid.

I en pilotstudie målte man hemoglobinaddukter uten at man kunne relatere resultatet til akrylamidinntak vurdert ut ifra et matvarefrekvensspørreskjema (Kutting et al., 2005). En svensk studie fant signifikant høyere nivå av hemoglobinaddukter hos ikke-røykende menn som hadde et høyere inntak av akrylamid gjennom kosten, men spredningen i adduktnivåene var relativt liten. Dette betyr at det er behov for å estimere det individuelle inntaket av akrylamid mer presist i fremtidige observasjonsstudier (Hagmar et al., 2005).

Urinmetabolitter

Bruk av merkaptursyrer i urinen som biomarkører, gir et bilde av korttidseksponeringen for akrylamid. Boettcher og medarbeidere (2006) har vist at utskillelsen av akrylamid i form av urinmetabolitter begynner kort tid etter eksponeringen og elimineres med et halvliv på 3,5 timer. Omkring halvparten av inntatt dose akrylamid ble gjenfunnet i urinen i løpet av et døgn. I en annen studie

fant man igjen 43 % av inntatt akrylamid i 24-timers urin (Fuhr et al., 2006). Bjellaas og medarbeidere (2005) observerte en rask nedgang i totale urinmetabolitter på omkring 50 prosent etter en dags faste. Følgelig vil urinmetabolitter av akrylamid være potensielt gode biomarkører for å vurdere korttidseksponeringen av akrylamid fra kostholdet.

1.7 Om undersøkelsen

Denne undersøkelsen er en del av et større forskningsprosjekt om akrylamid på Folkehelseinstituttet. Prosjektet omfatter også muse- og celleforsøk og finansieres av midler fra HEATOX (Heat-generated Food Toxicants). Den beskrevne undersøkelsen ble utført som et samarbeid mellom undertegnede og Thomas Bjellaas, doktorgradsstipendiat i analytisk kjemi. Hensikten med undersøkelsen var å finne ut om man ved hjelp av 24-timers kostintervju kan estimere inntak av akrylamid fra kosten. Estimert inntak ble validert ved hjelp av utskillelse av akrylamidmetabolitter i urin.

2. Mål og problemstillinger

Hovedmål

Biomarkører i urin og blod gir et potensielt godt mål på eksponeringen for akrylamid på henholdsvis kort og lang sikt. Når utsatte yrkesarbeidere og røykere utelukkes, er det kun kosten som har vesentlig betydning for eksponeringen. Å se på eksponeringen på bakgrunn av kostinntak er imidlertid mer usikkert, fordi det er store variasjoner i akrylamidinnholdet innen ulike matvaregrupper. **Formålet med oppgaven er å undersøke om tilgjengelige data over akrylamidinnholdet i matvarer kan brukes til å vurdere akrylamideksponering fra kostholdet.**

Delmål

1. Innhente informasjon om akrylamidinnhold i mat- og drikkevarer og lage en database over dette.
2. Beregne korttidseksponeringen av akrylamid ved hjelp av et 24-timers kostintervju (24-h recall), og relatere dette til utskillelse av akrylamid og dens metabolitter i urinen.

Problemstillinger

- Er det sammenheng mellom totalt estimert inntak av akrylamid og total utskillelse av akrylamidmetabolitter i urin?
- Er det sammenheng mellom inntak av akrylamidrike mat-/drikkevarer, frukt og grønnsaker eller næringsstoffer og urinmetabolitter av akrylamid i urin?
- Hvilke mat- og drikkevarer bidrar til estimert akrylamideksponering?
- I hvilken grad bidrar røyking til akrylamideksponeringen?

3. Utvalg og metode

3.1 Studiedesign

Dette var en klinisk tverrsnittsstudie hvor vi undersøkte inntak av akrylamid gjennom et 24-timers kostintervju. Det estimerte kostenntaket ble sammenlignet med utskillelse av akrylamidmetabolitter i 24-timers urin. Studien inkluderte 47 ikke-røykere og 6 røykere, alle ansatt ved Folkehelseinstituttet. Prosjektet ble meldt til Datatilsynet (Vedlegg 1) og ble tilrådd av Regional komité for medisinsk forskningsetikk (Vedlegg 2).

3.2 Deltakere

Deltakere til undersøkelsen ble av praktiske hensyn rekruttert fra Folkehelseinstituttet. Her er det i dag omkring 700 ansatte, og vi ønsket å ha med cirka 50 deltakere. Utvalgsstørrelsen var basert på at vi ønsket en styrke på 90 %, og at vi tenkte oss en mulig korrelasjon mellom estimert inntak av akrylamid og urinmetabolitter på 0,4. På bakgrunn av dette ville vi trenge 47 forsøkspersoner (UCLA Department of Statistics 2004; Samuelsen 2006).

3.2.1 Rekruttering

Tilfeldige uttrekk ble gjort fra en navneliste over alle ansatte i Excel. Uttrekkene ble gjort på omkring 50 personer om gangen, hvorpå en makro genererte en e-postliste over de utvalgte. Invitasjon (Vedlegg 3) ble deretter sendt til disse som blindkopi. Det ble avtalt en passende tid for kostintervju med de som takket ja til å delta, og de fikk flasker til urinsamlingen.

Til sammen fikk 575 personer invitasjon til å delta i prosjektet på e-post, og 47 personer takket ja. På grunn av mangel på menn i undersøkelsen (av ansatte på

Folkehelseinstituttet er 68 % kvinner og 32 % menn), ble kvinnene ikke tatt med i de siste uttrekkene, slik at de siste 125 invitasjonene bare ble sendt til menn. Kun 3 menn svarte ja på disse invitasjonene.

Ingen av de 47 personene som takket ja til e-postinvitasjonen var røykere. Vi ønsket å ha med 5-6 røykere i tillegg. Disse ble rekruttert ved personlig henvendelse.

Rekrutteringen og undersøkelsen fant sted i november og fram til omkring midten av desember 2005.

3.2.2 Utvalgsbeskrivelse

Studien inkluderte 53 deltakere, og av disse var 11 % røykere. Det var overvekt av kvinner, 62 % mot 38 % menn. Gjennomsnittlig alder var 43 år (± 12) ($n = 53$). En av de mannlige deltakerne rapporterte å ha redusert nyrefunksjon, men han ble allikevel inkludert i studien.

Tabell 1. Deltakere etter kjønn, alder og røyking.

	Deltakere	Kvinner	Menn	Alder, gj.sn. (SD)
Ikke-røykere	47	29	18	43 (± 12)
Røykere	6	4	2	42 (± 12)
Totalt	53	33	20	

3.3 Datainnsamling

3.3.1 Innsamling av urin

Forsøkspersonene fikk hver sin eske med 9 halvliters plastflasker til innsamling av døgurnurin. All urin fra dagen før kostintervjuet, minus morgenurin, til og med morgenurin samme dag som kostintervjuet skulle samles. Skriftlig forklaring om urinsamlingen fulgte med i esken (Vedlegg 4). Én flaske skulle benyttes til hvert toalettbesøk, og deltakerne krysset av på flaskene om urinen var samlet før kl 18, etter kl 18 eller om det var morgenurin. Urinflaskene inneholdt borsyre som

konserveringsmiddel, og deltakerne fikk beskjed om at flaskene helst burde oppbevares mørkt og kjølig i tillegg. Urinen ble levert samtidig med kostintervjuet.

3.3.2 Kostintervju

Instrument for innsamling av kostdata var et 24-timers kostintervju eller ”24-h recall” (Vedlegg 5). Dette går ut på at man starter med å spørre ”hva var det første du spiste eller drakk i går?”. Personen forteller deretter hva han/hun spiste og drakk gjennom hele gårsdagen og eventuelt om natta samt om inntak av kosttilskudd. Tidspunkt for måltider og mellommåltider ble også notert. Ved inntak av akrylamidrike matvarer, ble det spurt spesielt etter type og merke. Til slutt gjentar intervjueren det han/hun har skrevet for intervjuobjektet, for å sjekke at man har skrevet riktig og fått med alt. Deltakerne ble også vist en sjekkliste med ulike matvarer man typisk kan glemme (Vedlegg 6), for å se at de ikke hadde glemt å oppgi noe.

Deltakerne oppga også vekt, høyde, om de røykte, samt hva de hadde gjort av fysisk aktivitet dagen før. I tilfeller hvor forsøkspersonen ikke visste eller var usikre på vekta, ble han/hun veid ved intervjuet. Hele intervjuet tok 20-30 minutter.

Hjelpemidler

Estimering av matmengder ble gjennomført ved hjelp av ulike visuelle hjelpemidler. Blant annet ble forsøkspersonene vist en bildebok med ulike porsjonsstørrelser. Bildeboken var den samme som ble brukt i Ungkost 2000 (Vedlegg 7). Til mengdeestimering ble det også brukt et lite desilitermål (2,5 dl), kuvertpakker med smør, syltetøy og leverpostei. Deltakerne ble av og til bedt om å tegne porsjonsstørrelser på et eget ark. Der det var aktuelt, fikk de se bilder av ulike typer potetgull, knekkebrød, kjeks, kaffe, frokostblandinger og brød (se eksempler i Vedlegg 8). Bilder med ulik bruningsgrad av vafler, pommes frites og ristet brød ble også vist (Vedlegg 9).

3.3.3 Blodprøver og kostspørreskjema

Ved begynnelsen av kostintervjuet fikk deltakerne spørsmål om de også ville avgi blodprøve til undersøkelsen ved et senere tidspunkt, og tidspunkt for blodprøven ble avtalt. Ved slutten av kostintervjuet fikk de med seg et kostfrekvensspørreskjema (av typen som brukes i Mor- og barnundersøkelsen), der de skulle svare på hva de hadde spist de tre siste månedene. Hensikten var å sammenligne blodprøver og kostfrekvensspørreskjema med hensyn til hemoglobinaddukter fra akrylamid. Blodprøvene og kostfrekvensspørreskjemaene inngår imidlertid ikke i denne oppgaven og nevnes derfor ikke videre.

3.3.4 Anonymitet og samtykke

Urinflaskene som ble utdelt var merket med ID-nummer. Navnet på hver deltaker og tilhørende ID-nummer ble notert på en liste som kun undertegnede hadde tilgang til. Ved kostintervjuet ble personens ID-nummer klistret på intervjuarket, og det ble kontrollert at ID-nummer på flasker og intervjuark samstemte.

Deltakerne skrev under på informert samtykke ved starten av intervjuet (Vedlegg 10).

3.3.5 Kompensasjon for deltakelse

Deltakerne fikk 300 kr i honorar for deltakelse når de hadde avgitt blodprøve og levert kostfrekvensspørreskjemaet.

3.4 Akrylamiddatabase og innhold i mat- og drikkevarer

Arbeidet med databasen startet før kostintervjuene og fortsatte også etter undersøkelsen.

3.4.1 Opparbeidelse av databasen

Kilder

Etter de svenske funnene av akrylamid i mat, gjorde daværende SNT (nå Mattilsynet) analyser av 30 norske matvarer (SNT 2002b). Noe senere gjorde de analyser av diverse kaffe og barnemat (SNT 2002a). På nettsidene til det svenske Livsmedelsverket finnes det 156 analyser av akrylamid i svenske matvarer (Livsmedelsverket 2002a; Livsmedelsverket 2002b), og omtrent de samme verdiene er publisert artikkelform (Svensson et al., 2003). Det engelske Food Standards Agency gjorde 20 analyser av akrylamid i etterkant av de svenske funnene (Food Standards Agency 2002). En stor samling av europeiske akrylamidanalyser finnes i en database samlet av Institute for Reference Materials and Measurements (Joint Research Centre) (IRMM (JRC) 2005) som inneholder over 5200 analyser. Flesteparten av disse er tyske, men flere europeiske land er også representert. Videre har FAO/WHO en database (FAO & WHO 2006) operert av Joint Institute of Food Safety and Applied Nutrition (JIFSAN) med en mengde analyser fra USA, Kina og Japan. U.S. Food and Drug Administration har nettsider med analyser for akrylamid, men det er overlapp mellom disse og FAO/WHO-databasen. I tillegg finnes diverse artikler med analyseverdier for akrylamid (Tareke et al., 2002; Roach et al., 2003; Croft et al., 2004; Delatour et al., 2004; Granby & Fagt 2004; Taeymans et al., 2004; Hoenicke & Gattermann 2005; Sadd & Hamlet 2005).

Norsk Kaffeinformasjon, Friele, Ali-Kaffe, Nestlé, Sætre, KiM's, Maarud og Wasa ble kontaktet per e-post med forespørsel om analyseverdier for akrylamid. Kun Wasa hadde og/eller ville meddele resultater. Enkelte av tallene fra Wasa var like de svenske knekkebrødanalysene, trolig fordi det var samme analyser. De andre hadde enten ikke analyser, de ønsket ikke å kommunisere enkeltverdier, eller de henviste til at de var aktive i internasjonal forskning på og samarbeid om akrylamid. KiM's oppga at de var i gang med å sammenstille resultater og skaffe datagrunnlag for akrylamid i snacks etter ulike årstider, men at dette arbeidet ikke var ferdig.

Data om akrylamidinnhold ble samlet fra oktober 2005 til mai 2006.

*Analysemetoder**

De fleste analysene av akrylamid var gjort med GC-MS eller LC-MS/MS. Noen var gjort med LC-MS eller LC-DAD. I et fåtall av analysene var det brukt LC-UV. Målinger på norske mat- og drikkevarer ble gjort med LC-MS/MS og deretter verifisert med GC-MS. Som det fremgår av tabellen under, har LC-MS/MS- og GC-MS-metodene som regel lavest deteksjons- og kvantifiseringsgrenser (henholdsvis LOD og LOQ).

Tabell 2. Deteksjons- og kvantifiseringsgrenser (LOD og LOQ) ved ulike analysemetoder for akrylamid.

Analysemetoder*	LOD, µg/kg	LOQ, µg/kg
LC-MS/MS	1 - 30	5 - 60
GC-MS	5 - 50	5 - 125
LC-MS	10	30
LC-UV	60	90
LC-DAD	60	90

*Analysemetoder: LC-MS/MS – væskekromatografi koplet til tottrinns massespektrometri, GC-MS – gasskromatografi koplet til ettrinns massespektrometri, LC-MS – væskekromatografi koplet til ettrinns massespektrometri, LC-UV – væskekromatografi koplet til ultrafiolett deteksjon, LC-DAD – væskekromatografi koplet til diode array detector

Kriterier for valg av verdier

Norske analyser fra SNT ble valgt der de fantes. Deretter ble svenske analyser fra Livsmedelsverket, så europeiske og amerikanske verdier valgt, supplert med analyser fra enkeltartikler (Tareke et al., 2002; Roach et al., 2003; Croft et al., 2004; Delatour et al., 2004; Granby & Fagt 2004; Taeymans et al., 2004; Hoenicke & Gattermann 2005; Sadd & Hamlet 2005). FAO/WHO databasen inneholder både amerikanske, kinesiske og japanske analyser, men kun de amerikanske verdiene ble brukt. I noen tilfeller ble amerikanske verdier valgt fremfor europeiske, fordi matvarene er bedre

* *Analysemetoder:* LC-MS/MS – væskekromatografi koplet til tottrinns massespektrometri, GC-MS – gasskromatografi koplet til ettrinns massespektrometri, LC-MS – væskekromatografi koplet til ettrinns massespektrometri, LC-UV – væskekromatografi koplet til ultrafiolett deteksjon, LC-DAD – væskekromatografi koplet til diode array detector

spesifisert i denne databasen. Databasen til IRMM er veldig generell. Der det fantes spesifikke analyser for den aktuelle matvaren eller kaffen, ble disse valgt.

I matvarer der akrylamidinnholdet var under deteksjonsgrensen, ble halve denne grensen valgt. For matvarer uten analysedata, ble det valgt verdier for tilsvarende matvarer.

For ulik stekegrad av vafler, pommes frites og ristet brød (Vedlegg 9), ble det estimert "sannsynlige" verdier ut ifra foreliggende analyser.

Organisering av databasen

Rådata og omregning

Først ble rådata for aktuelle matvarer lagt inn i et regneark. Disse ble oppført med benevnning i µg akrylamid per kg eller µg/l, standardavvik hvis det var oppgitt og antall prøver (N). Videre ble metode, deteksjonsgrense (LOD), kvantifiseringsgrense (LOQ), år for prøveuttak eller analyse, forfatter/publikasjon, land/produksjonsland og eventuelle kommentarer notert. Derne ble verdiene omregnet til antall µg akrylamid per 100 g i en egen kolonne.

Endelige verdier

Til slutt ble det regnet gjennomsnitt, median, min-, maksverdi for hver enkelt matvare eller matvaregruppe.

3.4.2 Asparaginsyreinnhold i mat- og drikkevarer

Siden aminosyren asparagin er hovedforløperen til akrylamid i mat, ønsket vi å se om vi kunne finne en sammenheng mellom inntak av denne og urinmetabolitter av akrylamid. Men på grunn av vanskeligheter med å analysere denne aminosyren (egentlig et amid), finnes det ikke analyser for asparagin i vanlige aminosyretabeller, kun verdier for asparaginsyre finnes. Det samme er tilfelle for glutamin og glutaminsyre. Derimot vil verdiene for asparaginsyre i gamle tabeller inkludere

asparagin. Årsaken ligger i at gammel analysemetodikk foregikk ved syrehydrolyse for å spalte proteinene, slik at asparagin ble spaltet til asparaginsyre.

Asparaginsyreinnholdet i matvarer forsøkspersonene hadde spist ble lagt inn i regnearket med Matvaretabellen. Verdiene ble fortrinnsvis hentet fra svenske tabeller (Livsmedelsverket 1986) og supplert med data fra danske næringsmiddeltabeller (Statens Levnedsmiddelinstitut 1983). For matvarer det ikke var analysert for, ble asparaginsyreinnholdet estimert ut ifra andel protein i tilsvarende/lignende matvarer det var analysert for.

3.5 Næringsberegning og urinalyse

3.5.1 Næringsberegning av kostintervjuene

I tillegg til å estimere innholdet av akrylamid og asparaginsyre i hver enkelt kost, ble det gjort en generell næringsberegning. Dette for å kunne se på andre kostfaktorer i forhold til akrylamid.

Koding og mengdeangivelse

Kostintervjuene ble kodet med ID-nummer, matvarekode og mengdeangivelse i et regneark. Mengdene av mat- og drikkevarer ble satt til det deltakerne hadde oppgitt av porsjonsstørrelser fra bildeheftet, angitte mål i dl, skjeer eller annet eller satt etter standard porsjonsstørrelser fra Mat på Data (Landsforeningen for kosthold og helse 2003) eller ”Mål og vekt for matvarer” (Landsforeningen for kosthold og helse 1989). En matvare ble i noen tilfeller veid hvis opplysninger om vekt per enhet eller porsjonsstørrelser ikke fantes.

Nye porsjonsstørrelser for enkelte frukt og grønnsaker

Enkelte standard porsjonsstørrelser og vekt av frukt og grønnsaker i Mat på Data og ”Mål og vekt for matvarer” er små. For eksempel vil en kokt potet med skall i Mat på Data veie 70 g, en appelsin (uten skall) 105 g og en gulrot 65 g. Dette kan skyldes at

det er større variasjon i størrelser på frukt og grønnsaker som fås i butikker i dag enn da Mat på Data og ”Mål og vekt for matvarer” ble laget. I disse tilfellene ble det gjort en liten veieundersøkelse, og noen personer ved Folkehelseinstituttet ble spurt om hva de syntes var stor, liten eller middels størrelse.

Tabell 3. Nye porsjonsstørrelser for enkelte frukt og grønnsaker.

	STANDARD VEKT i MPD/ Mål og vekt for matvarer, g	NY VEKT		
		liten, g	middels, g	stor, g
avokado	105	70		
banan	110	75		155
appelsin	105		200	
gulrot, rå	65		75	110
potet*, rå m/skall	80	75	115	160
potet, råskrelt (82 % spiselig) **	65	60	95	130
potet*, kokt, skrelt etter koking (87 % spiselig)**	65	65	100	140
mandelpotet, rå m/skall		50	85	110
mandelpotet, kokt, skrelt etter koking (87 % spiselig)**		45	75	95

MPD: Mat på Data

*Lagringspotet

**Ny vekt avrundet

Informasjon om matvarene

Informasjon om vekt eller næringsinnhold ble sett etter i butikker og på internett for matvarer det trengtes (for eksempel: Hvor mye veier en fersk mozzarella, hvor mye fett er det i en type majonessalat, eller hva inneholder en spesiell type posegryterett?). MacDonald's ble spurt om innhold i visse hamburgertyper, og Norsk Kaffeinformasjon ble spurt om mengdeforhold i ulike kaffer.

Næringsberegning

I et regneark med Den store matvaretabellen (Statens råd for ernæring og fysisk aktivitet et al., 2001), ble det lagt inn verdier både for akrylamid og asparaginsyre. For enkelte matvarer som ikke finnes i den norske matvaretabellen, ble det tatt inn næringsstoffverdier fra den svenske matvaretabellen (Livsmedelsverket 2004) og den danske matvaretabellen (Danmarks Fødevareforskning 2005). Beregning av akrylamidinntak samt generell næringsberegning ble gjort ved hjelp av matvaretabellen med akrylamid- og asparaginsyreverdier, kostintervjukodearket og næringsberegningsprogrammet FoodCalc (Lauritsen 2002).

3.5.2 Analyse av urinmetabolitter

Urinmetabolitter av akrylamid ble analysert av doktorgradsstipendiat Thomas Bjellaas ved Avdeling for Analytisk kjemi, Miljømedisin, Folkehelseinstituttet. Til dette ble det benyttet fast faseekstraksjon og LS-MS/MS (væskekromatografi koplet til tottrinns massespektrometri). Metoden er nærmere beskrevet av Bjellaas og medarbeidere (2005).

De fleste urinprøvene ble analysert hver for seg. Noen ble kun analysert samlet for tiden før kl 18, etter kl 18 og i morgenurin.

3.6 Statistiske analyser

Døgnvariasjoner i estimert akrylamidinntak og utskilte urinmetabolitter ble testet med Kruskal-Wallis test for ikke-normalfordelte data og med enveis variansanalyse (ANOVA) for normalfordelte data. Forskjell mellom røykere og ikke-røykere ble testet med ikke-parametriske metoder (Mann-Whitney U-test). Bivariat korrelasjon mellom kostinntak og urinutskillelse av akrylamidmetabolitter ble beskrevet med Pearsons korrelasjonskoeffisient (r_p) for normalfordelte data. For ikke-normalfordelte data, ble korrelasjonen beskrevet med Spearmans korrelasjonskoeffisient (r_{sp}). Videre ble det kjørt en multipel regresjonsanalyse for å undersøke kostens betydning for utskillelse av akrylamidmetabolitter. Alle multiple regresjonsanalyser ble justert for vekt og kjønn. Fem forhåndsdefinerte mulige forklaringsvariabler for urinutskillelse av akrylamid, ble satt inn i modellen (**Tabell 23**). Variabler som hadde høy innbyrdes korrelasjon ($r > 0,7$) ble utelatt. Protein- og niacininntak ble derfor ikke inkludert, på grunn av høy samvariasjon med inntak av asparaginsyre. Røykerne ble ekskludert fra modellen, fordi røyking korrelerer sterkt med utskillelse av akrylamidmetabolitter. For alle multiple regresjonsanalyser ble det grundig sjekket at forutsetningene for modellen var til stede. P-verdi mindre eller lik 0,05 ble ansett som signifikant. Alle statistiske analyser ble utført med statistikkprogrammet SPSS 13.0 for Windows.

4. Resultater

4.1 Akrylamidinnhold i mat- og drikkevarer

Alle verdier er oppgitt i μg per 100 g og ikke per kg. I analyser gjort av SNT er det tatt tre prøver av hvert produkt, men med ulik produksjonsdato. Resultatene er imidlertid kun oppgitt som medianverdi (SNT 2002a; SNT 2002b).

4.1.1 Poteter og potetprodukter

Tabell 4. Akrylamidinnhold i poteter og potetprodukter ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Bakte poteter					
hele med skall	2,5	2,6	1,7-3,2	FAO/WHO (4)	2002/2003
uspesifisert	18,9	16,6	5,6-36,8	Croft et al. (4)	2004
Pommes frites*					
uspesifisert	47,5	41,5	30,1-110,4	SNT (12)	2002
				Livsmedelsverket (10)	2002
stekegrad I	30,1**			Livsmedelsverket (1)	2002
stekegrad II	41,8	42,5	33-49	SNT (12)	2002
stekegrad III	51,4**			Livsmedelsverket (1)	2002
stekegrad IV	110,4**			Livsmedelsverket (1)	2002
Potetgull og potetmelsnacks					
potetgull, uspesifisert	126,2	135	33,2-228,7	SNT (18)	2002
				Livsmedelsverket (14)	2002
Maarud	150,0	150,0		SNT (3)	2002
KiM's	170,0	170,0	140-200	SNT (6)	2002
Pringles	61,4**			Livsmedelsverket (1)	2002
potetmelsnacks	97	97		SNT (3)	2002

*I tillegg til en gjennomsnittsverdi, ble det ut ifra analysene også anslått verdier for ulike stekegrader (Vedlegg 9). Stekegrad I fikk minste verdi av analyser fra Livsmedelsverket, mens stekegrad IV fikk høyeste verdi. Stekegrad II fikk et gjennomsnitt av norske analyser. For stekegrad III ble det satt en verdi fra Livsmedelsverket som var høyere enn for stekegrad II.

**Analysert verdi for ett produkt.

Bakte poteter

To av studiedeltakerne hadde spist bakt potet. Den ene bakt hel med skall, og den andre skivede, ovnsbakte poteter, hvor toppen fikk god farge. I det første tilfellet ble verdien tatt fra databasen til FAO/WHO, fordi denne oppgir spesifikt ”potato, baked

(w/peel)”. Det andre tilfellet har fått verdien fra Croft og medarbeidere (2004). Det framgår ikke i artikkelen om det er snakk om hele eller oppdelte poteter. Men gjennomsnittsverdien er lavere enn for analyser av pommes frites. Det virker sannsynlig at denne typen ovnsbakte poteter inneholder mer akrylamid enn hele, bakte poteter men mindre akrylamid enn pommes frites.

Pommes frites

Norske og svenske målinger er gjort både på ferdigkjøpt pommes frites, og pommes frites tilberedt hjemme i ovnen fra frossen tilstand. Hvorvidt den er ferdigkjøpt eller tilberedt hjemme, ser ikke ut til å utgjøre noen forskjell på akrylamidinnholdet. I tillegg til en gjennomsnittsverdi, ble det ut ifra analysene også anslått verdier for ulike stekegrad (Vedlegg 9). Stekegrad I fikk minste verdi av analyser fra Livsmedelsverket, mens stekegrad IV fikk høyeste verdi. Stekegrad II fikk et gjennomsnitt av norske analyser. For stekegrad III ble det satt en verdi fra Livsmedelsverket som var høyere enn for stekegrad II. Kun én person oppgav inntak av pommes frites.

Potetgull og potetmelsnacks

For potetgull (uspesifisert) ble det tatt et gjennomsnitt av norske og svenske analyser. Tre personer hadde spist potetgull, henholdsvis Maarud, KiM's og Pringles. Disse fikk verdier etter analyser gjort av samme merke, men produktnavn og smakstilsetning var ikke det samme.

Potetmelsnacks (potetskuer og potetringer) fikk verdi etter analyse på potetskuer. Ingen av deltakerne oppgav inntak av potetmelsnacks.

4.1.2 Kornprodukter

Brød

Tabell 5. Akrylamidinnhold i brød ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Brød*					
loff	1,5			Livsmedelsverket (2)	2002
mellomgrovt		2,1		SNT (?)	2002
grovt		2,7	1,2-4,1	SNT (?)	2002
rugbrød	10,4	8,7	8,1-16,2	Livsmedelsverket (4)	2002
fullkornsbrød	1,5**			Livsmedelsverket (1)	2002
ristet brød, grad I	3**			Livsmedelsverket (1)	
ristet brød, grad II	4,5	4,5			
ristet brød, grad III	5,5	5,5	<3-6,9		
ristet brød, grad IV	7**			Livsmedelsverket (1)	
rundstykker	2,8	2,8		SNT (3)	2002
skalk	Som rundstykker				
baguetter	Som rundstykker				
foccacia	1,3	1,3	0-5	Croft et al. (5)	2004
Pitabrød	Som loff				
hamburgerbrød	Som loff				
pøsebrød	Som loff				

*Livsmedelsverket hadde to analyser på svakt ristet brød og to på kraftig ristet brød. For de fire bildene av ristet brød (Vedlegg 9), ble det ut ifra disse analysene anslått verdier etter ulik grad av risting. Grad I fikk miste verdi, grad IV fikk høyeste verdi, og grad II og III fikk verdier midt imellom. Den europeiske databasen oppgir verdier på ristet brød fra 1,5 til 14,3 $\mu\text{g}/100\text{ g}$.

**Analysert verdi for ett produkt.

Akrylamid i brød dannes først og fremst i skorpen, og det er en sammenheng mellom brødets farge og hvor mye akrylamid som dannes. Innhold av asparagin i ulike kornslag ser ut til å være en begrensende faktor for akrylamiddannelsen (Surdyk et al., 2004). Sømmalt rugmel inneholder dobbelt så mye asparagin som sammalt hvetemel (Fredriksson et al., 2004), og følgelig er det funnet mer akrylamid i rugbrød enn i annet brød. Siktet hvetemel har lavest innhold av asparagin, mens det er høyest i hvetekim (Fredriksson et al., 2004). Tilsvarende er det målt lavere konsentrasjon av akrylamid i hvitt brød (Livsmedelsverket 2002b).

For både loff, mellomgrovt brød og grovt brød er det brukt samme verdier som i risikovurderingen fra SNT (2002d). Verdiene for loff (Livsmedelsverket 2002b) var imidlertid under deteksjonsgrensen, så akrylamidinnholdet ble satt til halve denne. Brød med mindre enn 25 % sammalt mel eller fiberinnhold $< 4\text{g}/100\text{ g}$ ble regnet som

loff. Mellomgrovt brød ble definert som brød med 25-50 % sammalt mel eller et fiberinnhold fra 4 – 5,4 g/100 g. Brød med mer enn 50 % sammalt mel eller $\geq 5,5$ g fiber per 100 g ble regnet som grovt brød.

Skalk og baguetter fikk samme verdi som rundstykke, fordi de har mer skorpe i forhold til innhold. Hamburger- og pølsebrød fikk verdi som loff, og det samme fikk pitabrød.

Livsmedelsverket (2002b) fant ikke akrylamid over deteksjonsgrensen i pumpernickel-/fullkornsbrød, så også her ble halve grensen valgt. Baketemperatur, spesielt over 200 grader, og baketid øker akrylamiddannelsen (Surdyk et al., 2004). Pumpernickelbrød stekes over lang tid (16-24 timer), men ved lav temperatur (omkring 120 grader) (Wikipedia 2006b). Den spesielle bakemåten gir lite skorpedannelse.

Livsmedelsverket hadde to analyser på svakt ristet brød og to på kraftig ristet brød. For de fire bildene av ristet brød (Vedlegg 9), ble det ut ifra disse analysene anslått verdier etter ulik grad av risting. Grad I fikk miste verdi, grad IV fikk høyeste verdi, og grad II og III fikk verdier midt imellom. Den europeiske databasen oppgir verdier på ristet brød fra 1,5 til 14,3 $\mu\text{g}/100$ g. Én av studiedeltakerne oppgav inntak av ristet brød.

Knekkebrød, kavring, flatbrød og riskaker

Tabell 6. Akrylamidinnhold i knekkebrød, kavring, flatbrød og riskaker ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Knekkebrød					
Ryvita	167,7	162,7	119,4-240	Livsmedelsverket (3) Food Standards Agency (3)	2002 2002
Wasa Husmann	4,7	4,7	4,3-5	Livsmedelsverket (1) Wasa (1)	2002 ?
Wasa Havre	6*			Livsmedelsverket (1)	2002
Wasa Frukost	2,5*			Wasa (1)	?
Wasa Appetit**	1,2*			Wasa (1)	?
Wasa Fiber Plus	Som Wasa Frukost				
Rugsprø	24,7	24,7	17,7-32	SNT (3) Livsmedelsverket (1)	2002 2002
Annet					
kavring	1,5*			Livsmedelsverket (1)	2002
skonrøk	Som kavring				
flatbrød	66,8	41	9,3-150	SNT (9)	2002
Mors flatbrød	41	41		SNT (3)	2002
riskaker	33,3*			Livsmedelsverket (1)	2002

*Analysert verdi for ett produkt.

**Fått laveste analyseverdi for knekkebrød

Analyser av Ryvitaknekkebrød har vist markant høyere verdier enn andre knekkebrød, fra 119,4 til 240 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (Food Standards Agency 2002; Livsmedelsverket 2002b). Disse knekkebrødene har derfor fått egne verdier. Én av deltakerne hadde spist Ryvitaknekkebrød og fikk verdi etter de analysene som var gjort på den aktuelle typen. Ellers ble det kun brukt svenske knekkebrødanalyser, og bare produkter som også finnes i Norge ble tatt med. Etter forespørsel ble også noen knekkebrødanalyser meddelt fra Wasa (også svenske), hvorav noen var de samme som analysene fra Livsmedelsverket. Hvis en deltaker i undersøkelsen for eksempel hadde spist Wasa Havre, ble analyseverdien for denne valgt. Hvis en deltaker oppgav inntak av en type knekkebrød det ikke var analysert for, ble analyseverdi fra tilsvarende/lignende knekkebrød valgt. Én person hadde spist Wasa Appetit, et lyst stekt knekkebrød som det ikke fantes analyser for. Dette knekkebrødet fikk den laveste analyseverdien for knekkebrød. En annen deltaker hadde spist Wasa Fiber Plus, som det heller ikke fantes analyser for. Dette fikk samme verdi som Wasa Frukost, fordi det virker mindre stekt enn andre grove knekkebrød.

Verdien for kavring var under deteksjonsgrensen, så halve denne ble valgt. Grov skonrok fikk samme verdi som kavring.

To av deltakerne hadde spist flatbrød. Det ene var Mors flatbrød, som SNT har analysert, og det andre var en type flatbrød det ikke fantes analyser for. Denne fikk samme verdi som Mors flatbrød.

Ingen i studien hadde spist riskaker.

Frokostblandinger

Tabell 7. Akrylamidinnhold i frokostblandinger ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Frokostblandinger					
Go`dag-lignende	3,7	3,1	1,1-7,8	FAO/WHO (12)	2002-2003
cornflakes	5,3*			Livsmedelsverket (1)	2002
Fitness (Nestlé)	25,4*			Livsmedelsverket (1)	2001
All Bran Plus	9,9*			Livsmedelsverket (1)	2002
havrenøtter	17	17		SNT (3)	2002
hvetenøtter	Som havrenøtter				
puffet ris	7,3	7,3	6,1-8,4	Croft et al. (5)	2004
				Livsmedelsverket (1)	2002
Honni-Korn	23,6*			Livsmedelsverket (1)	2002
hvetebrikker (Weetabix)	17,9	17,9		Croft et al. (6)	2004
Shredded Wheat	13,3	11,6	5,9-24,1	FAO/WHO (4)	2002/2003
havrefras	118,9	118,9	103,1-134,6	Livsmedelsverket (2)	2002
Cheerios	18,5	17,4	12,1-26,6	FAO/WHO (19)	2002/2002
				Livsmedelsverket (1)	2002
Kellog`s Rice crispies	13,7	13	4,7-24,7	FAO/WHO (5)	2002/2003
				Food Standards Agency (2)	2002
				Livsmedelsverket (1)	2002
Go`morgen yoghurt**	0,8	0,7			

*Analysert verdi for ett produkt.

**Basert på et innhold av 12,8 % Go`dag-lignende kornblanding.

Kornblandinger lages ofte ved at korn kokes i vann til en masse som kan formes til individuelle biter. Kokevannet er som regel tilsatt sukker eller eventuelt malt.

Deretter blir bitene ovnstørket, og dette gjør at smaken utvikles. Mesteparten eller all dannelse av akrylamid foregår under ristingen (Taeymans et al., 2004).

4-korn er den eneste kornblandingen som ikke er ristet, og det ble derfor ikke satt noen verdi for denne. Ingen hadde spist denne typen kornblanding, men syv personer

hadde spist Go`dag Frukt, og én hadde spist en lignende type. Go`dag-lignende kornblandinger er ristede, tilsatt frukt og/eller nøtter og frø men lite fett og sukker.

Go`morgen yoghurt inneholder to ulike typer mysli, den ene omtrent som Go`dag. Innholdet av akrylamid i Go`morgen yoghurt ble beregnet ut ifra en andel mysli på 12, 8 prosent. Ingen rapporterte om inntak av Go`morgen yoghurt.

Cornflakes lages ved at maiskjerne kokes i en oppløsning med sukker, malt og salt. Deretter blir de tørket, presset og ristet (Solvoll K 2003). Kun én av deltakerne hadde spist cornflakes. Én av deltakerne hadde spist Fitness frokostblanding (ristede flak av hvete og ris). Én person oppgav inntak av All Bran Plus (søtet og ristet hvetekli). All Bran Regular (søtede og ristede hveteflak med hvetekli) fikk samme verdi som All Bran Plus.

Puffede kornprodukter lages ved at korn uten skall dampes myke og utsettes for sterkt overtrykk. Når trykket plutselig senkes, sveller kornet opp og blir lett og luftig (Solvoll K 2003). Hvetenøtter fikk samme verdi som havrenøtter. To av deltakerne hadde spist havrenøtter, men ingen hadde spist puffet ris.

Kjeks

Tabell 8. Akrylamidinnhold i kjeks ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Kjeks					
Mariekjeks	67,8	65,2	64,2-74	SNT (3)	2002
				Livsmedelsverket (2)	2002
Havreflarn	7,3*			Livsmedelsverket (1)	2002
Digestivekjeks	48,8	45	39-63	Livsmedelsverket (2)	2002
				IRMM (3)	2003
Kornmokjeks	Som Digestivekjeks				
Bixit havrekjeks	76	76		SNT (3)	2002
Vaffelkjeks	9,1	9,1	7-11,1	Croft et al. (7)	2004
				IRMM (JRC) (1)	2003

*Analysert verdi for ett produkt.

Norske og svenske analyser har funnet akrylamidkonsentrasjoner i kjeks fra 7,3 - 76 µg/100 g (Livsmedelsverket 2002b; SNT 2002b). Flere faktorer bidrar til de høye nivåene.

Sammalt hvetemel og kli tenderer til å øke akrylamidkonsentrasjonen i kjeks sammenlignet med siktet hvetemel (Taeymans et al., 2004). Uraffinert korn har høyere innhold av fritt asparagin enn hvitt mel (Fredriksson et al., 2004; Surdyk et al., 2004). Videre er det observert at akrylamidnivået i kjeks av hvitt mel avtar ved å redusere på mengden ammoniumbikarbonat (hornsalt/hjortetakksalt) eller ved tilsetning av melkesyre. Andre ting av betydning er temperatur, steketid og vanninnhold. Jo lavere vanninnhold i de ferdige kjeksene, dess mer akrylamid blir dannet. Lav fuktighet kombinert med høy steketemperatur vil gi høyest konsentrasjon. Det er også sett sammenheng mellom farge og akrylamiddannelse i kjeks (Taeymans et al., 2004).

Ti av studiedeltakerne hadde spist kjeks. Noen ble bare spist av én person og var mariekjeks, havreflarn, digestive kjeks og kornmokjeks. Kornmokjeks fikk samme verdi som Digestive kjeks, da det ikke fantes analyser for denne. To personer hadde inntak av vaffelkjeks. Én av deltakerne hadde spist Bisca kjeks. Disse fikk samme verdi som Bixit havrekjeks. Tre stykker hadde spist chocolate chip cookie-type kjeks som Maryland Cookies, Safarikjeks eller lignende.

Kaker, paier og andre bakervarer

Tabell 9. Akrylamidinnhold i kaker, paier og andre bakervarer ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Kaker, paier og andre bakervarer					
sjokoladekake m/glasur	1,4	1,3	0-2,9	FAO/WHO (4)	2002/2003
müslikake	Som sjokoladekake				
eplekake	Som sjokoladekake				
elepai	1,7	1,5	0-3,4	FAO/WHO (6)	2002/2003
blåbærpai	Som elepai				
boller, hjemmebakke	Som rundstykker				
boller, industribakte	Som loff				
skillingsbolle	Som rundstykker				
bagels	2,5	2,7	0-5,8	U.S FDA (9)	2002-2004
muffins	2,5	1,3	0-9,8	FAO/WHO (4)	2002/2003
				Sadd & Hamlet (1)	2005
				Livsmedelsverket (1)	2002
croissant, wienerbrød	2,2	1,8	0-4	IRMM (JRC) (6)	2002
				FAO/WHO (4)	2002/2003
smultring	21,3	22,7	1,5-38,2	IRMM (JRC) (4)	2002-2005
Lomper og lefser					
lomper	22,5	22,5	22-23	SNT (6)	2002
smurte lefser	6,1	6,1		SNT (3)	2002

Kaker og fruktbrød har relativt lav konsentrasjon av akrylamid, selv om skorpa er mørk. Dette kan delvis skyldes at kaker vanligvis stekes ved lavere temperaturer for å unngå at skorpa brennes (skjer fortene på grunn av høyt sukkerinnhold). En annen faktor kan være at kaker som regel lages av hvitt mel, som inneholder mindre asparagin. Det som imidlertid ser ut til å være avgjørende for hvor mye akrylamid som dannes i kaker og sukkerbrød, er den høye fuktigheten (Sadd & Hamlet 2005). Motsetningen ses i kjeks, hvor et lavt vanninnhold gjør at temperaturen blir høyere, og det dannes mer akrylamid.

Én av deltakerne hadde spist eplekake, og én hadde spist myslikake. Disse har fått samme verdi som sjokoladekake. Én person hadde spist blåbærpai. Denne fikk samme verdi som elepai.

To av deltakerne oppga inntak av hjemmelagde boller. De fikk samme verdi som rundstykke. Hjemmelagde boller inneholder trolig mer akrylamid enn kjøpeboller i pose, fordi de har mer skorpe. Industribakte boller fikk verdi tilsvarende loff. To personer hadde spist skillingsbolle. Disse fikk verdi som loff.

Croissant og wienerbrød fikk samme verdi etter et gjennomsnitt av analyser på croissant og ”sweet roll/Danish pastry”. Én person rapporterte inntak av wienerbrød.

Pannekaker og vafler

Tabell 10. Akrylamidinnhold i pannekaker og vafler ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Pannekaker og vafler					
pannekaker	1,5	1,6	1,3-1,7	FAO/WHO (4)	2002/2003
vafler	4,2*			Livsmedelsverket (1)	2002
vafler, stekegrad I	3*			IRMM (JRC) (1)	2004
vafler, stekegrad II	43,9*		3-88	IRMM (JRC) (1)	2004
vafler, stekegrad III	68*			IRMM (JRC) (1)	2004
vafler, stekegrad IV	88*			IRMM (JRC) (1)	2004

*Analysert verdi for ett produkt.

Livsmedelsverket fant ikke akrylamid over deteksjonsgrensen i pannekaker.

Akrylamidinnholdet ble satt etter amerikanske analyser, fordi deteksjonsgrensen for disse analysene var lavere (FAO & WHO 2006). Kun én av deltakerne i undersøkelsen hadde spist pannekaker.

For vafler, ble gjennomsnittet satt etter analyse fra Livsmedelsverket. Databasen til IRMM (2005) har en del analyser for vafler, og disse ble brukt til å estimere verdier for fire ulike stekegrader av vafler (Vedlegg 9). Lyst stekt vaffel fikk laveste verdi, mørkest stekt fikk høyeste verdi, og de to andre fikk verdier midt imellom. Fem personer hadde spist vafler, og alle stekegrader bortsett fra lyst stekt var representert.

4.1.3 Kaffe

Hvor mye akrylamid som dannes i kaffe, har å gjøre både med brenningsgrad og type kaffe. Kraftig varmebehandling vil gjøre at nivået går ned, slik at mørkere kaffe kan inneholde mindre akrylamid enn lysere brent kaffe. Videre er det funnet noe mindre akrylamid i Arabica-bønner (mesteparten av kaffen i Norge er av denne typen) enn i Robusta-bønner (Mattilsynet 2005). Ved analyse av grønne kaffebønner, er det funnet

at Robusta-bønner inneholder mindre sukrose enn Arabica-bønner, men Robusta-bønner har mer asparagin enn Arabica-bønner (Murkovic & Derler 2006).

Tabell 11. Akrylamidinnhold i kaffe ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Kaffe*					
filterkaffe	1,9	2,1	0,6-2,8	Granby & Fagt (16) SNT (24)	2004 2002
presskannekaffe	Som filterkaffe				
pulverkaffe	0,8	0,8	0,7-1	Granby & Fagt (6) SNT (3)	2004 2002
espresso	2,1	2,1		SNT (3)	2002
kaffe latte**	0,3	0,3			
cappuccino***	0,6	0,6			
koffeinfri kaffe	1,8	2	2,5-5	IRMM (JRC) (5)	2004-2005

*Ferdig drikk

**Basert på et innhold av 14 % espresso

***Basert på et innhold av 27 % espresso

Filterkaffe

Filterkaffe fikk verdi på bakgrunn av norske og danske analyser (SNT 2002a; Granby & Fagt 2004). Kun kaffetyper i den danske artikkelen som også finnes i Norge ble tatt med i beregningen. For personer som hadde drukket en kaffetype det fantes spesifikke analyseverdier for, ble den aktuelle verdien satt i disse tilfellene.

Presskannekaffe fikk samme verdi som filterkaffe.

Pulverkaffe

Pulverkaffe (tilberedt som ferdig drikk) fikk verdi på bakgrunn av norske og danske analyser (SNT 2002a; Granby & Fagt 2004). Kun kaffetyper i den danske artikkelen som også finnes i Norge ble tatt med i beregningen. Det ble også satt en egen verdi for Nescafé Gull.

Espresso og espressobasert kaffe

Det fantes kun én norsk analyse for espresso (Grand Roberta, hardt brent). Verdien for kaffe latte ble satt basert på at den inneholder 14 % espresso. Videre fikk

cappuccino verdien basert på at den inneholder 27 % espresso (Elisabeth Elind, personlig meddelelse; Norsk Kaffeinformasjon).

Koffeinfri kaffe

Én person i studien oppgav inntak av koffeinfri kaffe. Denne fikk verdi etter databasen til IRMM (2005).

4.1.4 Kakao/sjokolademelk

Tabell 12. Akrylamidinnhold i kakao/sjokolademelk ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Kakao/sjokolademelk					
kakaopulver	26,5	13,3	0-90,9	FAO/WHO (8)	2002/2003
				Hoenicke & Gattermann (4)*	2005
				IRMM (JRC) (1)	2002
sjokolademelkpulver	2,5	2,6	0-5,4	U.S FDA (12)	2002
				Delatour et al. (4)	2004
kakao**	0,4	0,3	0-1,5		
sjokolademelk***	0,2	0,2	0-0,4		

*Akrylamid målt før og etter lagring i 6 måneder.

**Ferdig drikk, regnet med 1,7 g pulver per dl, etter oppskrift på Regia-pakken.

***Ferdig drikk, regnet med 6,67 g pulver per dl (som på O'boy-pakken).

Spesielt i kakaopulver, men også i sjokoladepulver, er det store variasjoner i akrylamidinnholdet. Ifølge Roach og medarbeidere (2003), kan pH muligens medvirke til den store spredningen. I kakaopulver er det funnet fra ikke-detekterbare nivåer og opp til 900 μg akrylamid per kg. Roach bemerker at i kakaopulver som er merket med at kakaoen er ”basebehandlet”, er det kun funnet minimale mengder akrylamid. Mens i to produkter som ikke var merket ”basebehandlet”, ble det funnet henholdsvis 300 og 900 μg akrylamid per kilo. Ingen norske eller svenske analyser var gjort av kakao/sjokolademelk. Tre av studiedeltakerne hadde drukket kakao/sjokolademelk.

4.1.5 Kjøtt og fisk

I den grad akrylamid finnes i kjøtt og fisk, er det hovedsakelig i panerte, friterte eller oppkuttete/kverne og stekte produkter. Høyest konsentrasjon er målt i kjøttboller (Livsmedelsverket 2002b). Kjøtt og fisk i seg selv inneholder ikke karbohydrater, mens blandingsprodukter som farser, puddinger, pølser, kjøtt-/fiskekaker og -boller inneholder noe. At det er målt innhold av akrylamid i rene kjøttprodukter (Tareke et al., 2002), tyder på at akrylamid også kan dannes på andre måter (se s. 15).

Videre er det verdt å legge merke til at det er observert høyere nivåer av akrylamid i svin enn i storfe (begge stekt). Årsaken kan ligge i at svin inneholder mer asparagin enn storfe (Friedman 2003). Becalski og medarbeidere (2003) påpeker at det høye lysininnholdet i kjøtt er en mulig årsak til at det dannes mindre akrylamid. Lysin er mer reaktiv i Maillard-reaksjonen enn asparagin og kan derfor oppføre seg som en konkurrent. Det ser også ut til at det foregår en degradering av akrylamid i kjøtt. En mulig forklaring på dette er at akrylamid binder seg til proteiner/aminosyrer rike på SH-grupper, som cystein (Taeymans et al., 2004).

Tabell 13. Akrylamidinnhold i kjøtt og fisk ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Rødt kjøtt					
hamburger, stekt	1,9	1,9	1,4-2,3	Tareke et al. (4)	2002
kjøttkaker, stekte	Som hamburger				
kjøttboller	6,4*			Livsmedelsverket (1)	2002
kjøttdeig, stekt	1,8	1,7	1,5-2,2	Tareke et al. (5)	2002
karbonadedeig, stekt	Som kjøttdeig				
elgkjøtt	Som kjøttdeig				
bacon med svor, stekt	4,5*			Tareke et al. (1)	2002
baconsvor	1,2	1,2		FAO/WHO (4)	2002/2003
Hvitt kjøtt					
kyllingkjøttdeig	2,9	2,9	1,6-4,1	Tareke et al. (2)	2002
kylling, panert (kyllingsnitzel)	3	3,2	2,2-3,5	Roach et al. (3)	2003
kyllingnuggets	3,9*			Livsmedelsverket (1)	2002
Fisk					
fiskepinner	3*			Livsmedelsverket (1)	2002
fisk, panert	1,4	1,2	0-3	Roach et al. (13)	2003
fisk, fritert	3,9*			Livsmedelsverket (1)	2002
crab sticks	Som panert fisk				

*Analysert verdi for ett produkt.

I hamburgere er det observert en akrylamidkonsentrasjon på opptil 5 µg/100 g, avhengig av steketemperatur (Tareke et al., 2002).

Til sammen hadde tre personer spist kjøttdeig, en karbonadedeig og en kyllingkjøttdeig. To av deltakerne hadde spist hamburgere, to hadde spist kjøttkaker, og en oppgav inntak av kjøttboller. Syv studiedeltakere hadde spist bacon. Én av deltakerne hadde spist ribbesvor. Denne fikk samme verdi som baconsvor. Ingen oppga inntak av panert kylling, fiskepinner, fritert eller panert fisk, men én person hadde spist crab sticks. Denne fikk samme verdi som panert fisk.

4.1.6 Nøtter

En studie av Amrein og medarbeidere (2005) fant korrelasjon mellom innholdet av asparagin og akrylamid i mørkt ristede mandler. I tillegg hadde temperaturen sterk virkning på dannelsen av akrylamid. Europeiske mandler inneholdt signifikant mindre fritt asparagin enn mandler fra USA og fikk lavere konsentrasjon av akrylamid ved risting. I ristede hasselnøtter ble det målt veldig lave akrylamidnivåer, trolig på grunn av at hasselnøttene inneholdt lite fritt asparagin.

Ingen av studiedeltakerne hadde spist ristede mandler, men én hadde spist brente mandler. Én analyse fantes for akrylamid i brente mandler (IRMM (JRC) 2005).

Tabell 14. Akrylamidinnhold i nøtter (µg/100 g).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Nøtter					
peanøttsmør	9	9	6,4-12,5	FAO/WHO (16)	2002/2003
peanøtter, ristede	3,5	2,8	0-11,6	FAO/WHO (16)	2002/2003
				IRMM (JRC) (2)	2002
cashewnøtter, ristede	Som peanøtter				
mandler, brente	7,2*			IRMM (JRC) (1)	2004
chilinøtter	?	?			

*Analysert verdi for ett produkt.

Fire personer oppgav inntak av peanøtter (ristede), og én person hadde peanøttsmør på skiva. Kun FAO/WHO databasen hadde analyser for peanøttsmør. Ristede

cashewnøtter fikk samme verdi som peanøtter, selv om det er mulig at de inneholder mindre akrylamid enn peanøtter. Cashewnøtter inneholder mindre enn halvparten så mye asparaginsyre som peanøtter, men det fantes ingen tall på asparaginnholdet.

Tre deltakere hadde spist chilinøtter, men ingen analyseverdier fantes for disse. Det ble derfor ikke satt noen verdi.

4.1.7 Tørket frukt

Tabell 15. Akrylamidinnhold i tørket frukt ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Tørket frukt					
aprikoser	2,9	0,5	0,5-10,5	IRMM (JRC) (10)	2004
svsker	9,2	7,9	0,5-25,8	IRMM (JRC) (19)	2004
fiken	1,3	0,5	0,5-6,5	IRMM (JRC) (10)	2004
dadler	1,5	1,5	0,5-2,7	IRMM (JRC) (4)	2004
papaya	3,6*			IRMM (JRC) (1)	2004

*Analysert verdi for ett produkt.

Blant tørket frukt er det funnet høyest akrylamidkonsentrasjon i svsker. I rosiner er det ikke funnet detekterbare nivåer. Forskjellen kan komme av at rosiner tørkes ved solsteking (Wikipedia 2006b), mens svsker tørkes i varmluftsovn i opptil 18 timer. Det er målt enda høyere nivåer i sviskejuice enn i svsker, men det er usikkert om det skyldes at juicen gjennomgår nok en varmebehandling eller om akrylamid hopper opp i juicen (Roach et al., 2003).

Av tørket frukt var det én person som hadde spist dadler, én som hadde spist svsker og én som hadde spist tørket papaya. Halvparten av analysene som fantes for dadler var under deteksjonsgrensen og det samme var mange av analysene for aprikoser og fiken. I disse tilfellene ble halve deteksjonsgrensen valgt. Den aktuelle databasen har også oppført analyser under deteksjonsgrensen som halve denne.

4.1.8 Salt snacks

Av snacks utenom potetgull og nøtter, var det én person som hadde spist tortillachips, én som hadde spist ostepop og to som oppgav inntak av saltstenger. Høyest nivå av akrylamid ble funnet i saltstenger. Verdien som ble satt for popcorn var basert på analyser av mikropopcorn (FAO & WHO 2006), uspesifisert popcorn (IRMM (JRC) 2005) og en analyse av kjøpepopcorn (Livsmedelsverket 2002b). Ingen av studiedeltakerne hadde spist popcorn.

Tabell 16. Akrylamidinnhold i salt snacks ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Salt snacks					
saltstenger	103,4	99,4	3-343,6	IRMM (JRC) (55)	2002-2004
tortillachips	26,5	14	5-82	IRMM (JRC) (9)	2003
				Livsmedelsverket (3)	2002
ostepop	16,6*			U.S FDA (1)	2003/2004
popcorn	18,1	14,8	6-41,6	FAO/WHO (8)	2002/2003
				IRMM (JRC) (5)	2003-2004
				Livsmedelsverket (3)	2002

*Analysert verdi for ett produkt.

4.1.9 Søtsaker

Tabell 17. Akrylamidinnhold i søtsaker ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Søtsaker					
sjokolade	4,2	3,4	0-14,6	FAO/WHO (8)	2002/2003
				U.S FDA (9)	2002-2004
				Taeymans et al. (6)	2004
lakris	20,8	16,1	1,5-54,8	IRMM (JRC) (14)	2004

Akrylamidinnholdet i både sjokolade og lakris varierte veldig. Ingen norske eller svenske produkter var analysert.

4.1.10 Annet

Tabell 18. Akrylamidinnhold i oliven, sprø løk og pizza ($\mu\text{g}/100\text{ g}$).

	Gj.sn.	Median	Range	Kilder og antall analyser	År
Annet					
oliven, svarte	22,9	3,7	0,3-154,8	IRMM (JRC) (19)	2004
sprø løk	30,3	25,1	22-43,9	IRMM (JRC) (3)	2004
pizza	2	2	1,9-2	FAO/WHO (4)	2002/2003

Oliven

I oliven er det målt fra ikke-detekterbare nivåer og opptil 201 μg akrylamid per 100 g (IRMM (JRC) 2005; Roach et al., 2003; U.S. Food and Drug Administration 2005). Friedman (2003) påpeker at lut (base) -behandlede oliven inneholder akrylamid, mens ubehandlede oliven ikke gjør det.

Det er observert akrylamid hovedsakelig i svarte oliven, men ikke alle svarte oliven inneholder akrylamid. Det er ikke rapportert om akrylamid i Kalamata-oliven. En analyse av grønne oliven fant 1,9 μg akrylamid per 100 g. Databasen til IRMM spesifiserer ikke om analysene er gjort på svarte eller grønne oliven. Det var to personer som hadde spist svarte oliven og fire personer som hadde spist grønne oliven. Det ble ikke satt noen verdi for akrylamid i grønne oliven.

Sprø løk

Sprø løk spises vanligvis i mindre mengder, men det kan likevel bidra noe til inntaket, fordi akrylamidinnholdet er såpass høyt. Én av deltakerne hadde spist sprø løk.

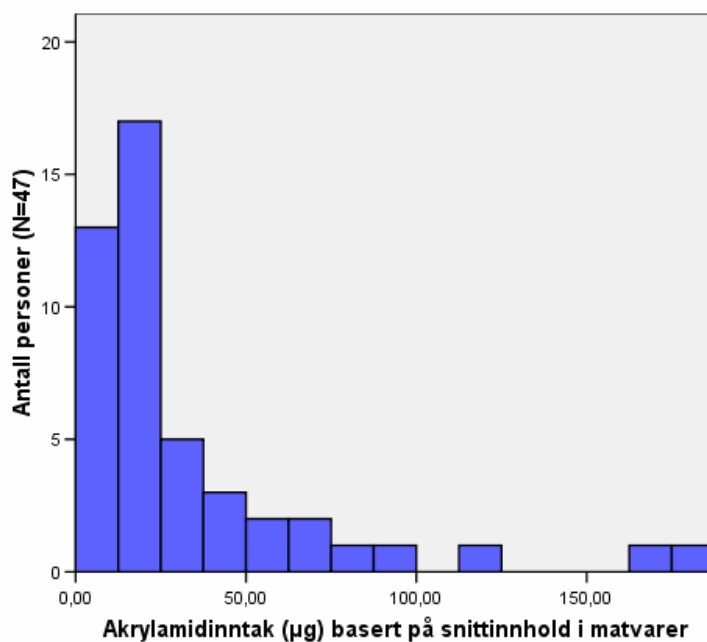
Pizza

Akrylamidinnholdet i pizza var under deteksjonsgrensen ($<30\text{ }\mu\text{g}/\text{kg}$) i analysene fra Livsmedelsverket. FAO/WHO-databasen hadde lavere deteksjonsgrense, og derfor er disse verdiene brukt som beregningsgrunnlag. Ni personer hadde spist pizza.

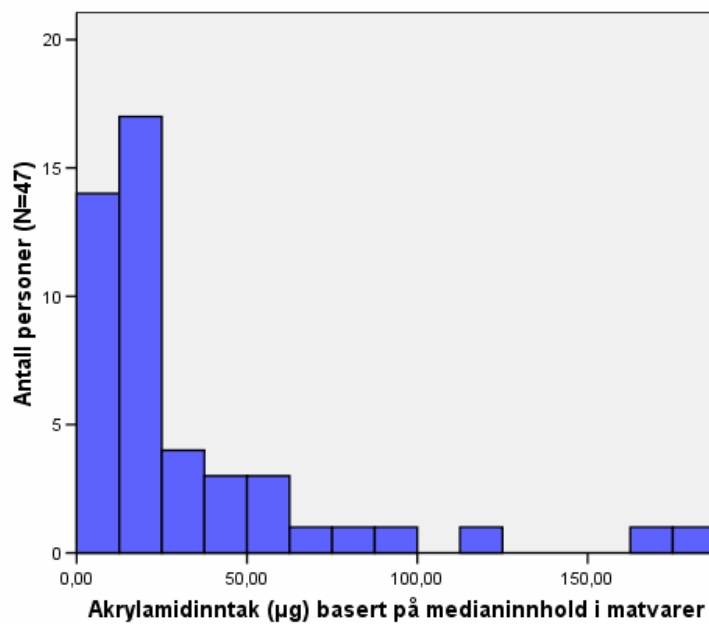
4.2 Akrylamid i kost og urin

Kostinntak

Figur 6 og **Figur 7** viser fordelingen av estimert 24-timers inntak av akrylamid hos de 47 ikke-røykende deltakerne. Inntaket var skjevfordelt både om anslaget ble gjort på bakgrunn av gjennomsnittlig eller mediant akrylamidinnhold i matvarer.



Figur 6. Estimert akrylamidinntak ($\mu\text{g}/24$ timer) hos ikke-røykende deltakere basert på snittinnhold i matvarer.



Figur 7. Estimert akrylamidinntak ($\mu\text{g}/24$ timer) hos ikke-røykende deltakere basert på medianinnhold i matvarer.

Mediant akrylamidinntak beregnet fra *snittinnhold* i matvarer var $18 \mu\text{g}$ (spredning: $5\text{--}177 \mu\text{g}$). Mediant inntak av akrylamid beregnet fra *medianinnhold* i matvarer var $17 \mu\text{g}$ (spredning: $5\text{--}177 \mu\text{g}$) (**Tabell 19**). Dette tilsvarer et inntak på $0,24 \mu\text{g}$ per kg kroppsvekt per dag (spredning: $0,06\text{--}2,96$). Det var ikke signifikant forskjell på estimert inntak når tidsintervallene før kl 12, kl 12 - 18, og etter kl 18 ble sammenlignet.

Tabell 19. Estimert akrylamidinntak fordelt på tre tidsintervaller. Median 1 er beregnet fra *snittinnhold* i matvarer, og Median 2 er beregnet fra *medianinnhold* i matvarer.

	Median 1	Spredning	Median 2	Spredning
Før kl 12	4,9	0-74,9	4,9	0-74,9
Kl 12 - kl 18	4,1	0-171	4,1	0-171
Etter kl 18	2,7	0-151,1	2,1	0-150,1
Totalt	17,6	4,5-176,5	16,7	4,5-177

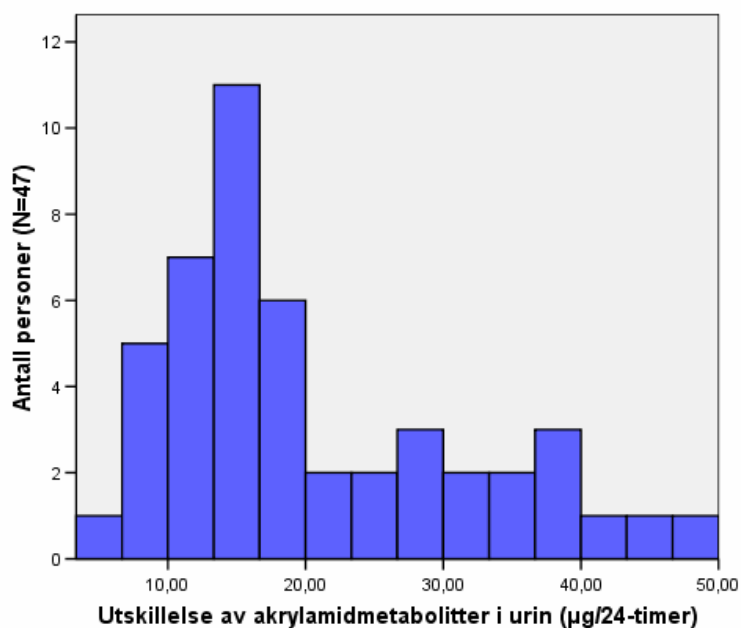
Urinmetabolitter

Metabolitten MA-AA var over kvantifiseringsgrensen ($1 \mu\text{g}/\text{L}$) i alle urinprøvene, mens metabolitten MA-GA₃ var over kvantifiseringsgrensen ($3 \mu\text{g}/\text{L}$) bare i

halvparten av prøvene. MA-GA₂ ble ikke funnet over deteksjonsgrensen i noen av urinprøvene.

Hos ikke-røykerne ble MA-GA₃ detektert i urinen til 72 prosent av deltakerne før kl 18. I urinen etter kl 18 ble den detektert i 81 prosent av prøvene, og i morgenurinen ble den detektert hos 70 prosent.

Total utskillelse av akrylamidmetabolitter i urinen var tilnærmet normalfordelt, som vist i figuren under.



Figur 8. Utskillelse av akrylamidmetabolitter i urin (µg/24 timer) hos ikke-røykende deltakere.

Gjennomsnittlig total døgnutskillelse av akrylamid utskilt som akrylamidmetabolitter var 21 (\pm 11) µg hos ikke-røykende deltakere (n = 47). Tabellen på neste side viser at utskilte akrylamidmetabolitter var jevnt fordelt over de ulike tidsintervallene.

Tabell 20. Utskillelse av akrylamidmetabolitter (µg) i urin, totalt og fordelt på ulike tidsintervaller.

	Gj.sn.	SD
Før kl 18	7,1	\pm 4,8
Etter kl 18	7,5	\pm 5,4
Morgenurin	6,0	\pm 3,8
Totalt	20,6	\pm 10,9

Sammenheng mellom akrylamid i kost og metabolitter i urin

Det ble ikke funnet korrelasjon mellom 24-timers estimert kostinntak av akrylamid og total døgnutskillelse av metabolitter i urinen. Men når døgnet ble delt i tre, korrelerte inntak av akrylamid før kl 12 med urinutskillelse før kl 18, og inntak av akrylamid etter kl 18 korrelerte med urinutskillelse i morgenurin. Resultatene er vist i tabellen under.

Tabell 21. Sammenheng mellom estimert kostinntak av akrylamid og utskilte urinmetabolitter til ulike tidsintervaller. Resultatene er presentert ut ifra snitt- og medianinnhold i matvarer, og det er brukt Spearmans korrelasjonskoeffisient.

Kost	Urin	Snitt	Median
Før kl 12	Før kl 18	$r_{sp} = 0,39^{**}$	$r_{sp} = 0,40^{**}$
Kl 12 ↓ Kl 18	Etter kl 18	Ingen korrelasjon	Ingen korrelasjon
Etter kl 18	morgenurin	$r_{sp} = 0,34^*$	$r_{sp} = 0,36^*$

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

4.3 Mat- og drikkevarer/næringsstoffer og urinmetabolitter

Total døgnutskillelse av akrylamidmetabolitter korrelerte positivt med inntak av *kaffe, stivelse, asparaginsyre, protein* og *niacin* (vitamin B₃) og negativt med inntak av *sitrusfrukter*.

Tabell 22. Korrelasjonskoeffisienter (Pearsons og Spearmans) og korrelasjon justert for kjønn og vekt mellom 24-timers kostinntak og 24-timers urinutskillelse hos 47 ikke-røykere.

Mat/ næringsstoff	Korrelasjonskoeffisient	P-verdi	Justert	P-verdi
Kaffe (r_{sp})	0,57	< 0,001	0,49	< 0,001
Niacin (r_p)	0,52	< 0,001	0,50	< 0,001
Asparaginsyre (r_p)	0,47	< 0,001	0,42	< 0,01
Protein (r_p)	0,40	< 0,01	0,36	< 0,05
Stivelse (r_p)	0,34	< 0,05	0,46	< 0,01
Sitrusfrukter (r_{sp})	-0,30	< 0,05	-0,32	< 0,05

Etter justering for kjønn og vekt i en multippel regresjonsmodell, ble inntak av kaffe, asparaginsyre og stivelse regnet som uavhengige forklaringsvariabler for akrylamidutskillelse ($r^2 = 0,49$, $p < 0,001$, **Tabell 23**). Niacin og protein ble ikke tatt med i modellen på grunn av sterk korrelasjon med asparaginsyre. Sitrusfrukter ble også utelatt, da denne korrelerte svakest og antall studiedeltakere ikke tillot å inkludere flere variabler i modellen.

Tabell 23. Forklaringsmodell for 24-timers utskillelse av urinmetabolitter hos 47 ikke-røykere ($r^2 = 0,49$, $p < 0,001$). Betaverdier er ustandardiserte koeffisienter.

Forklaringsvariabler	Beta	95 % KI	P-verdi
Vekt	0,331	0,001, 0,661	< 0,05
Kjønn	7,989	-0,495, 16,472	0,064
Kaffe (g)	0,013	0,004, 0,022	< 0,01
Stivelse (g)	0,089	0,024, 0,154	< 0,02
Asparaginsyre (mg)	0,002	0,000, 0,003	< 0,05

4.4 Individuelle tilfeller

Utskillelsen av urinmetabolitter hos de fem personene som hadde høyest verdier var 47, 44, 41, 40 og 38 μg akrylamid/24 timer. Utskillelsen hos de fem personene som hadde lavest nivå var 7, 8, 8, 9 og 9 μg akrylamid/24 timer. Tabellen på neste side viser hva personene har spist og drukket som kan bidra mer eller mindre til akrylamidinntaket.

Tabell 24. Deltakere med høyest og lavest urinutskillelse av akrylamid.

	Høyest utskillelse	Lavest utskillelse
Person 1	9 dl kaffe, 6 kjeks, 250 g ovnsstekte poteter i skiver, 4 skiver mørkt rugbrød, 20 g stekt bacon, 50 g kornblanding (Axa frukt), 3 risboller, 1 brownie	0,5 dl espresso, 2 skiver dansk rug
Person 2*	ca 100 g potetgull, 5 dl kaffe, 1 pizza Grandiosa, 30 g chilinøtter, 1 foccacia, 30 g cashewnøtter	3 rugsprø (Wasa), en håndfull ostepop, 12 sjokoladebiter, 1 skive mellomgrovt brød, 50 g stekt karbonadedeig, 1 lite stykke eplekake
Person 3	4 dl kaffe, 7 skiver mellomgrovt brød, 200 g godt stekt kjøttdeig, peanøttsmør på 2 skiver	7,5 dl kaffe, 150 g stekt kjøttdeig, 150 g kornblanding (Go` dag frukt), 1 skive grovbrød
Person 4	3 dl koffeinfri kaffe, 3,5 dl cappuccino, 3 brødskeer, ca 40 g stekt bacon, 435 g lutefisk	1 vaffelplate (best stekt), 2 skiver grovbrød, 110 g stekt kjøttdeig, 3 biter melkerull
Person 5**	5,2 dl kaffe latte, 2,5 dl cappuccino, 5 skiver grovbrød	1 kjeks (50 g) m/sjokoladebiter, 2 doble sandwich, 1/2 pizza, 1 mozartkule, 3 lyse, fylte sjokolader

*Høyest utskillelse: Denne personen hadde også høyest nivå av urinmetabolitter (25 µg) i tiden fra kl 12 til kl 18. Personen hadde spist en pizza på ettermiddagen og potetgull, chilinøtter og cashewnøtter på ettermiddagen.

**Lavest utskillelse: Denne personen hadde moderat nyresvikt.

Felles for de med høy utskillelse var inntak av kaffe, brød og diverse andre ting som ovnsstekte poteter, potetgull, chilinøtter og kjeks. Person 3 hadde spist godt stekt kjøttdeig sent om kvelden og hadde et svært høyt nivå av urinmetabolitter i morgenurinen. Person 4 rapporterte å ha spist lutefisk med tilhørende bacon på restaurant om ettermiddagen. Kveldsurinen til denne deltakeren viste en relativt høy stigning i forhold til tidligere på dagen.

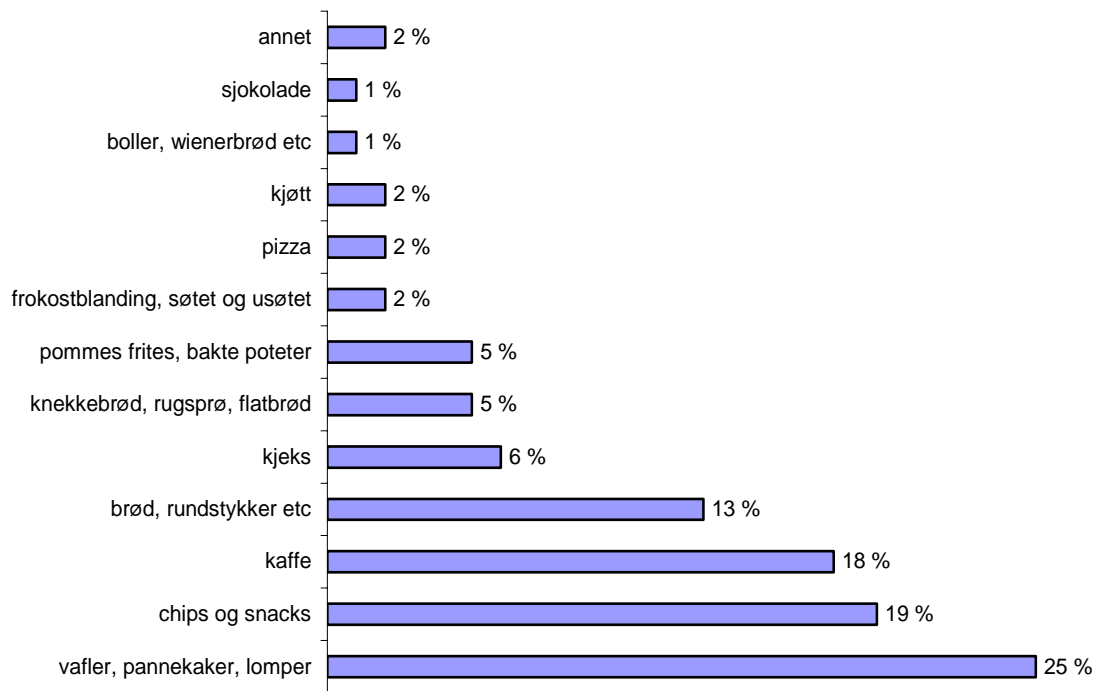
Blant deltakere med lav utskillelse var det generelt lite eller ikke noe inntak av kaffe og lite inntak av brød. Person 3 hadde imidlertid drukket en del kaffe uten at det gjorde utslag. Hos andre gav en godt stekt vaffelplate, 3 rugsprø, ostepop, en stor kjeks eller 2 doble sandwich heller ikke store utslag.

En annen deltaker hadde drukket 1 l Guinness (mørkt irsk øl) på kvelden og fikk stigning i urinmetabolitter både i kvelds- og morgenurinen.

4.5 Matvarers og kaffes bidrag til estimert akrylamidinntak

Figuren på neste side viser hvordan ulike matvarer og kaffe bidro til estimert akrylamidinntak hos alle deltakerne samlet (n = 53). En fjerdedel kom fra vafler,

pannekaker og lomper, chips og snacks utgjorde omkring en femtedel, og det samme gjorde kaffe. Videre bidro brød og rundstykker med 13 prosent av estimert inntak. Kjeks, hardt brød (knekkebrød, rugsprø og flatbrød) og poteter (bakte og pommes frites) utgjorde omkring 5 prosent hver. Ti prosent kom fra matvarer som frokostblandinger, pizza, stekt kjøtt, boller og wienerbrød etc., sjokolade og annet.



Figur 9. Matvarer som bidro til estimert akrylamidinntak hos ikke-røykende og røykende deltakere (n=53).

4.6 Røyking

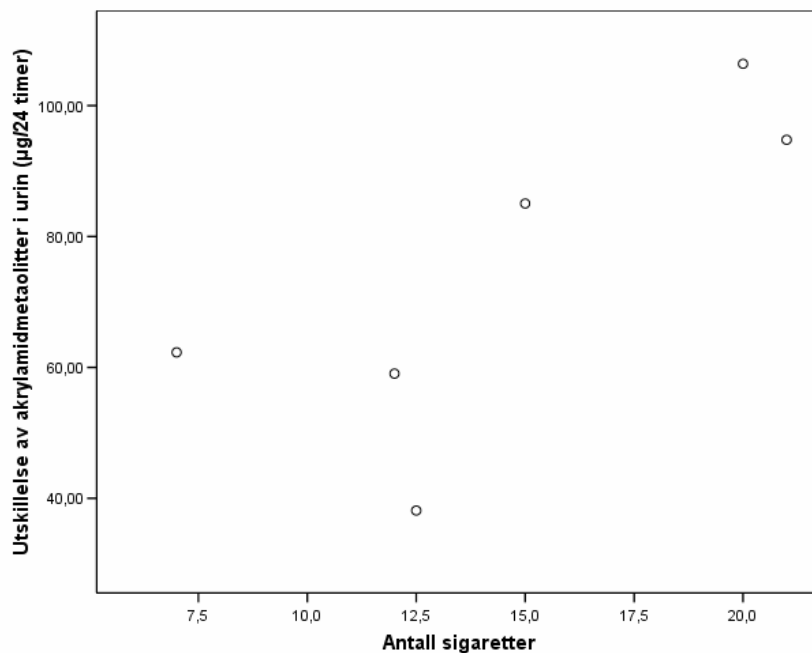
Seks av studiedeltakerne var røykere. Median antall sigaretter per person var 14 (spredning: 7-21). Totalt utskilt akrylamid som urinmetabolitter var over 3,5 ganger høyere hos røykere enn ikke-røykere, og forskjellen var høysignifikant ($p < 0,001$).

Tabell 25. Utskillelse av akrylamidmetabolitter (μg) i urinen hos røykere, totalt og fordelt etter ulike tidsintervaller.

	Median	Spredning
Før kl 18	28	16-39
Etter kl 18	25	13-41
Morgenurin	23	9-36
Totalt	74	38-106

Metabolitten MA-GA₃ ble detektert i urinen til 67 prosent av røykerne før kl 18. I urinen etter kl 18 ble den detektert hos 83 prosent, og i morgenurinen ble den funnet hos alle røykerne.

Plottet nedenfor viser utskillelse av akrylamidmetabolitter i urin i forhold til antall sigaretter. Det var tendens til økende utskillelse med økende antall sigaretter, men sammenhengen var ikke signifikant ($r_{\text{sp}} = 0,71$, $p = 0,11$).



Figur 10. Utskillelse av akrylamidmetabolitter i urin ($\mu\text{g}/24$ timer) i forhold til antall sigaretter hos 6 røykende deltakere.

5. Diskusjon

5.1 Akrylamidinnhold i mat- og drikkevarer

Akrylamidinnholdet i en matvare kan vise store variasjoner. Forskjellen ses mellom ulike merker, og innholdet avviker gjerne mellom ulike partier fra samme produsent (Dybing et al., 2005). Sprikende verdier gjør det vanskelig å bestemme kostinntaket av akrylamid. De store variasjonene kan skyldes flere årsaker:

- ulike mengder av mulige forløpere (s.13.)
- varmebehandling (s.17, 21 og 53)
- vanninnhold (s.19 og 52)
- tilsetninger og ulike behandlingsmetoder (s.13, 20 og 21)
- lagring (s.22)

Siden det finnes et begrenset antall norske og svenske analyser for akrylamid, ble det i denne studien også brukt verdier for utenlandske matvarer. Hvilke verdier som var mest representative for norske matvarer var i mange tilfeller vanskelig å avgjøre.

5.2 Utvalg

Undersøkelsen ble bestemt utført ved Folkehelseinstituttet av flere årsaker. For det første var det hensiktsmessig med hensyn til rekruttering, fordi man har e-postlister over alle ansatte. For det andre kunne undersøkelsen foregå på instituttet, noe som ville være praktisk både for deltakere og undersøkere. Dessuten kunne man tenke at personer som selv jobber med forskning er mer villige til å være med på andre forskningsprosjekter.

Gruppen vi valgte å studere var høyere utdannet enn gjennomsnittet og sannsynligvis også mer helsebevisste enn resten av befolkningen. Derfor utgjorde de ikke et representativt utvalg av den generelle befolkningen. Representativitet var heller ikke nødvendig i dette prosjektet, da vi kun ønsket å studere sammenhengen mellom estimert inntak av akrylamid og metabolitter i urinen.

5.3 Datainnsamling

Tap av urin

To personer gikk glipp av en urin. Den ene av disse var blant de fem som hadde høyest utskillelse av akrylamid (person 4, **Tabell 24**). Den andre var røyker. En annen deltaker rapporterte at en av urinflaskene manglet minst 100 ml.

Vedkommende var blant de fem med lavest utskillelse (person 4, **Tabell 24**). En fjerde deltaker oppgav at hun ikke hadde fått med 10-20 % av urinen, fordi hun ikke hadde forstått at hun skulle begynne på ny flaske hvis den ble full. Denne personen var også blant de fem med lavest utskillelse (person 1, **Tabell 24**). Kosten til vedkommende inneholdt imidlertid lite akrylamidrike matvarer.

Oppbevaring av urinflasker

Urinflaskene til en av røykerne så ikke ut til å ha stått kjølig. Denne personen hadde lavere utskillelse av urinmetabolitter enn de andre røykerne.

Kostintervju

Fordelen med et 24-timers kostintervju er at det kan gi detaljerte opplysninger om tiberedningsmetoder og om type produkt. Ulempen er at usunne matvarer oftere underrapporteres i en intervjusituasjon enn i et anonymt spørreskjema. Det var imidlertid god korrelasjonen mellom energiinntak og beregnet energiforbruk ($r_{sp} = 0,65$, $p < 0,001$). Gjennomsnittlig energiinntak hos ikke-røykende kvinner ($n=29$) var 2028 kcal og 2623 kcal hos ikke-røykende menn ($n=18$).

5.4 Akrylamid i kost og urin

Inntak av akrylamid

Eksponering for akrylamid oppgis vanligvis i μg per kg kroppsvekt per dag. I Norge er denne estimert til 0,4 (spredning kvinner: 0-3,5, menn: 0-3,0) (Dybing et al., 2005). Median eksponering i vår studie var 0,24 $\mu\text{g}/\text{kg}$ kroppsvekt per dag og en god del lavere, mens spredningen (0,06 – 2,96) er lik den hos menn. Lavere median eksponering kan blant annet skyldes at gruppen vi studerte har et lavere kaffeinntak. Siden kostintervjuene er gjort på ukedagene mandag til fredag, betyr det at vi ikke har fått med helgeinntaket. Fredager og lørdager, når man typisk spiser mer usunn mat som for eksempel potetgull etc., har dermed falt bort. Forskjellen kan også skyldes underrapportering av usunne, akrylamidrike matvarer. Som nevnt tidligere, antas det for øvrig at denne studiegruppen er mer helsebevisste. Både dette, alderssammensetningen og utvalgsstørrelsen gjør at de ikke er representative for befolkningen.

Sammenheng mellom inntak og utskillelse

Som beskrevet, er det vanskelig å bestemme kostinntaket av akrylamid presist. Men selv om vi ikke fant korrelasjon mellom totalt estimert inntak av akrylamid og urinmetabolitter, fant vi en sammenheng når vi delte inntaket og utskillelsen i tre tidsintervaller. Urban og medarbeidere (2006) fant nylig en svak men signifikant korrelasjon mellom 24-timers estimert inntak av akrylamid og metabolitten MA-AA i 24-timers urin. Kostinntaket ble bestemt ved hjelp av kostregistrering (kostdagbok). Utvalget var noe større enn i vår studie ($n = 60$).

Andel metabolitter i urin i forhold til estimert kostinntak

Mediant estimert kostinntak av akrylamid var 17-18 $\mu\text{g}/24\text{-timer}$, mens gjennomsnittlig utskilte urinmetabolitter var 21 $\mu\text{g}/24\text{-timer}$. I motsetning har andre studier gjenfunnet mellom 43 og 50 % av inntatt dose akrylamid i 24-timers urin (Boettcher et al., 2006; Fuhr et al., 2006). Nylig har det blitt foreslått at

akrylamidkonsentrasjonen i matvarer kan være høyere enn tidligere antatt. Dette skyldes funn av høyere nivåer når det analyseres for akrylamid ved å ekstrahere prøvene ved basisk pH. En studie av Goldmann og medarbeidere (2006) viser at dette ikke kommer av bedre ekstraksjon av akrylamid men er forårsaket av et ekstraksjonsartefakt. Ekstraksjon under harde, basiske forhold gjør trolig at akrylamid dannes fra vannløselige forløpere som *3-aminopropionamid* (se s.17 og **Figur 3** s.17).

Metabolitter av glycidamid

Studien fant lite metabolitter av glycidamid. Det er funnet indikasjoner på at mindre akrylamid metaboliseres til glycidamid i mennesker enn i mus og rotter (Fennell et al., 2005). En nyere studie rapporterer at omdanningen til glycidamid hos mennesker er to ganger lavere enn hos rotter og fire ganger lavere enn hos mus (Fuhr et al., 2006).

5.5 Mat- og drikkevarer/næringsstoffer og urinmetabolitter

Kaffe

Kaffe er beregnet å utgjøre 27 og 29 prosent av akrylamidinntaket hos norske menn og kvinner (Dybing & Sanner 2003). Selv om kaffe ikke inneholder store mengder akrylamid, bidrar det mye til det totale inntaket fordi man drikker mye av det. Vi fant at kaffe bidro med 18 % i vår studie. Mediant kaffeinntak hos deltakerne var 3,5 dl (spredning: 0-17 dl), altså mindre enn gjennomsnittlig inntak i den norske befolkningen, som er på 4,4 dl (Norsk Kaffeinformasjon 2006).

Asparaginsyre

Asparaginsyre er tatt med i forklaringsmodellen for akrylamidutskillelse, fordi det antas å være et mål på innholdet av asparagin i matvarer (s.40). Det er ukjent hvorvidt denne forutsetningen stemmer, da det finnes lite data på asparaginnhold i matvarer.

Siden det ble funnet korrelasjon med asparaginsyre, tyder det allikevel på at dette kan være tilfelle, fordi man vet at asparagin er en hovedforløper til akrylamid.

Stivelse

Det er ikke overraskende at inntak av stivelse korrelerer med urinutskillelse, siden akrylamid dannes ved varmebehandling av stivelsesrike matvarer.

Sitrusfrukter

Selv om inntak av citrusfrukter korrelerte negativt med urinmetabolitter, var utvalget vårt for lite til at vi kunne inkludere variabelen i modellen. Det tyder allikevel på at citrusfrukter kan ha en beskyttende effekt i forhold til akrylamid, men det kan også være en markør på et sunnere kosthold.

5.6 Individuelle tilfeller

Deltakere med høy utskillelse

Verken kaffe eller brød inneholder store mengder akrylamid, men de bidrar mye fordi vi spiser og drikker mye av dem. Personer med høyt inntak av brød eller kaffe vil derfor oppnå en høyere eksponering. Ovnstekte poteter, potetgull og kjeks er kjent for å ha høye nivåer av akrylamid. Chilinøtter kan også tenkes å inneholde mye akrylamid, selv om det ikke fantes analyseverdier for disse.

Andre forklaringer til stigningen i urinmetabolitter hos de to personene som hadde spist godt stekt kjøttdeig og lutefisk virket ikke sannsynlige. Det finnes én studie på akrylamid i stekt kjøttdeig (Tareke et al., 2002). Den samme studien rapporterer om høyere nivåer i hamburgere dess bedre stekt de er. Det er ikke kjent om lutefisk inneholder akrylamid, men det er ikke utenkelig siden den er basebehandlet (Wikipedia 2006a). Det er rapportert at basebehandlede oliven inneholder akrylamid, mens ubehandlede oliven ikke gjør det (Friedman 2003).

Deltakere med lav utskillelse

Det var ikke overraskende at de med lav utskillelse hadde lite eller ikke noe inntak av kaffe og lite inntak av brød. En av disse hadde imidlertid drukket en del kaffe uten at det gjorde utslag. Hos andre gav en godt stekt vaffelplate, 3 rugsprø, ostepop, en stor kjeks eller 2 doble sandwich heller ikke store utslag.

Mørkt, irsk øl

Andre forklaringer til stigningen i urinmetabolitter hos personen som hadde drukket Guinness (mørkt irsk øl) virket heller ikke sannsynlige. Økningen kan komme av at dette ølet inneholder ristet bygg (Wikipedia 2006b). Det er ikke gjort analyser på akrylamidinnholdet i Guinness.

Betydningen av polymorfismer for metabolisme av akrylamid

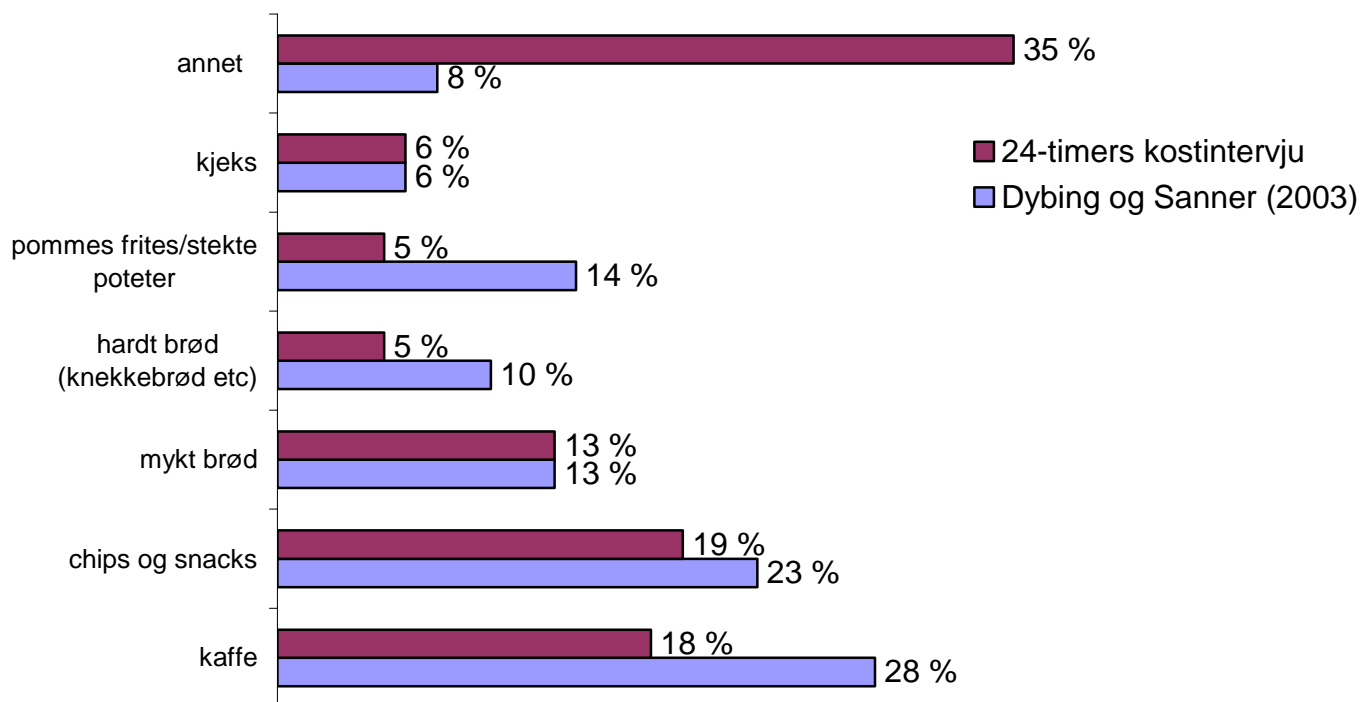
I en studie med inntak av potetchips, var den interindividuelle variasjonskoeffisienten i akrylamidutskillelse 20-30 % uten noen tydelige outliers. Man vet fremdeles ikke om polymorfismer og ulik aktivitet av CYP2E1 eller glutathion S-transferaser har betydning for metabolisme og toksisitet av akrylamid (Fuhr et al., 2006). Ifølge Paulsson og medarbeidere (2005a; 2005b) har polymorfismer i glutathion S-transferasegener ingen signifikant betydning.

5.7 Matvarers og kaffes bidrag til estimert akrylamidinntak

Matvarers og kaffes bidrag til akrylamideksponering i den norske befolkningen er tidligere estimert på bakgrunn av kostfrekvensspørreskjemaer (Norkost 1997). Her er det analysert for akrylamidinnhold retrospektivt, og disse dataene er brukt som grunnlag i risikovurdering av akrylamid fra matvarer (Dybing & Sanner 2003). **Figur 11** sammenligner estimert inntak av akrylamid fra kaffe og ulike matvarer ved hjelp av kostfrekvensspørreskjema (Norkost 1997) og 24-timers kostintervju (denne studien). Andelen kaffe er en god del mindre i vår studie, og inntak av chips og snacks er noe mindre. Brød og kjeks bidrar likt i begge studiene, mens knekkebrød og

lignende bidrar med dobbelt så mye akrylamid hos Dybing & Sanner.

Studiedeltakerne hadde ikke høyt inntak av typiske akrylamidrike matvarer som pommes frites eller stekte poteter, og disse bidrar også mindre i studien vår. Kun én person hadde spist pommes frites, og én hadde spist ovnsstekte poteter. Vafler, pannekaker og lomper (kommer inn under kategorien ”annet” i figuren) bidro mest til akrylamidinntaket (25 prosent). I denne kategorien var det flest personer som hadde spist vafler, og flere av vaflene var godt stekte. Derfor har de fått høye verdier. Forskjellene kan skyldes årsaker nevnt tidligere (s.71).



Figur 11. Estimert akrylamidinntak fra 24-timers kostintervju sammenlignet med estimert inntak fra kostfrekvensspørreskjema hos kvinner og menn (16-79 år) (Dybing & Sanner 2003). Vafler kommer inn under kategorien ”annet” i denne studien.

5.8 Røyking

I sigaretttrøyk (fra sigaretter m/filter) er det funnet 1,1 – 2, 3 µg akrylamid (Smith et al., 2000). Alle røykerne med unntak av én hadde markant høyere utskillelse av urinmetabolitter enn ikke-røykerne. Urban og medarbeidere (2006) fant nylig at

røykere skilte ut 2,5 ganger mer MA-AA og 1,7 ganger mer MA-GA i 24-timers urin enn ikke-røykere. De fant også at metabolitter av akrylamid i urin korrelerte sterkt med antall sigaretter. Vi så tendens til sammenheng mellom antall sigaretter og urinmetabolitter, men korrelasjonen var ikke signifikant. Ovennevnte studie inkluderte imidlertid 60 røykere i motsetning til kun 6 røykere i vår studie.

6. Konklusjon

På grunn av store variasjoner i akrylamidinnholdet i like matvarer, er det vanskelig å bestemme inntaket av akrylamid presist. Studien fant ingen korrelasjon mellom 24-timers estimert akrylamidinntak og total døgnutskillelse av akrylamidmetabolitter i urin. Det ble imidlertid funnet signifikant sammenheng mellom kostinntak av akrylamid før kl 12 og etter kl 18 og urinutskillelse før kl 18 og i morgenurin. Videre korrelerte inntak av kaffe, asparaginsyre og stivelse positivt med utskilte urinmetabolitter. Sitrusfrukter viste signifikant negativ korrelasjon, men utvalgsstørrelsen var ikke stor nok til at variabelen kunne tas med i forklaringsmodellen. Inntak av potetchips, ovnsstekte poteter, chilinøtter, kjeks og kaffe gav utslag hos individer som hadde spist/drukket dette. Det ble også observert stigning i urinmetabolitter hos tre personer som hadde spist godt stekt kjøttdeig, lutefisk og drukkit mørkt irsk øl. Vafler, chips og snacks, kaffe og brød bidro til omtrent tre fjerdedeler av estimert inntak av akrylamid hos alle deltakerne samlet. Røyking førte til signifikant høyere utskillelse av urinmetabolitter enn hos ikke-røykerne. Det var tendens til økende urinmetabolitter med økende antall sigaretter, men utvalget var for lite til å se en signifikant korrelasjon.

Stor usikkerhet og variasjon i akrylamidnivåer i mat- og drikkevarer gjør at totalt estimert kostinntak av akrylamid ikke er noen god indikator på akrylamidinntaket. Men ved hjelp av biomarkører i urin, kan ulike mat- og drikkevarer identifiseres som mulige kilder til akrylamid. Neste steg vil være å gjøre kontrollerte spiseforsøk. Det vil også være behov for flere analyser av akrylamid i norske matvarer.

Referanser

- Aftenposten, 2002. Skanska-sjefen dømt etter giftskandale. www.aftenposten.no.
- Aftenposten, 2004. Kims snacks tjener bra. <http://n24.no/arkiv/article834024.ece>.
- Amrein, T. M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M. F., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F., and Amado, R., 2003. Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. *J Agric.Food.Chem.* 51 (18), 5556-5560.
- Amrein, T. M., Lukac, H., Andres, L., Perren, R., Escher, F., and Amado, R., 2005. Acrylamide in roasted almonds and hazelnuts. *J Agric.Food Chem.* 53 (20), 7819-7825.
- Amrein, T. M., Schonbachler, B., Escher, F., and Amado, R., 2004. Acrylamide in gingerbread: critical factors for formation and possible ways for reduction. *J Agric.Food.Chem.* 52 (13), 4282-4288.
- Andrzejewski, D., Roach, J. A., Gay, M. L., and Musser, S. M., 2004. Analysis of coffee for the presence of acrylamide by LC-MS/MS. *J Agric.Food Chem* 52 (7), 1996-2002.
- Becalski, A., Lau, B. P., Lewis, D., and Seaman, S. W., 2003. Acrylamide in foods: occurrence, sources, and modeling. *J Agric.Food.Chem.* 51 (3), 802-808.
- Becalski, A., Lau, B. P., Lewis, D., Seaman, S. W., Hayward, S., Sahagian, M., Ramesh, M., and Leclerc, Y., 2004. Acrylamide in French fries: influence of free amino acids and sugars. *J Agric.Food.Chem.* 52 (12), 3801-3806.
- Bergmark, E., 1997. Hemoglobin adducts of acrylamide and acrylonitrile in laboratory workers, smokers and nonsmokers. *Chem.Res Toxicol* 10 (1), 78-84.
- Bergmark, E., Calleman, C. J., He, F., and Costa, L. G., 1993. Determination of hemoglobin adducts in humans occupationally exposed to acrylamide. *Toxicol.Appl.Pharmacol.* 120 (1), 45-54.
- Bjellaas, T., Janak, K., Lundanes, E., Kronberg, L., and Becher, G., 2005. Determination and quantification of urinary metabolites after dietary exposure to acrylamide. *Xenobiotica.* 35 (10-11), 1003-1018.
- Boettcher, M. I., Bolt, H. M., Drexler, H., and Angerer, J., 2006. Excretion of mercapturic acids of acrylamide and glycidamide in human urine after single oral administration of deuterium-labelled acrylamide. *Arch Toxicol.* 80 (2), 55-61.
- Calvey, E., Begley, T., and Roach, J., 1995. SFC-FTIR spectroscopy and SFC-MS of nonvolatile extractants of microwave susceptor packaging. *J Chrom Sci* 33 (2), 61-65.
- Claeys, W. L., De Vleeschouwer, K., and Hendrickx, M. E., 2005. Kinetics of acrylamide formation and elimination during heating of an asparagine-sugar model system. *J Agric.Food.Chem.* 53 (26), 9999-10005.

Croft, M., Tong, P., Fuentes, D., and Hambridge, T., 2004. Australian survey of acrylamide in carbohydrate-based foods. *Food Addit.Contam.* 21 (8), 721-736.

Danmarks Fødevareforskning, A. f. e., 2005. Fødevaredatabanken. www.foodcomp.dk/fvdb_groupsearch.asp.

Delatour, T., Perisset, A., Goldmann, T., Riediker, S., and Stadler, R. H., 2004. Improved sample preparation to determine acrylamide in difficult matrixes such as chocolate powder, cocoa, and coffee by liquid chromatography tandem mass spectroscopy. *J Agric.Food Chem.* 52 (15), 4625-4631.

Doerge, D. R., da Costa, G. G., McDaniel, L. P., Churchwell, M. I., Twaddle, N. C., and Beland, F. A., 2005. DNA adducts derived from administration of acrylamide and glycidamide to mice and rats. *Mutat.Res.* 580 (1-2), 131-141.

Dybing, E., Farmer, P. B., Andersen, M., Fennell, T. R., Lalljie, S. P., Muller, D. J., Olin, S., Petersen, B. J., Schlatter, J., Scholz, G., Scimeca, J. A., Slimani, N., Tornqvist, M., Tuijtelaars, S., and Verger, P., 2005. Human exposure and internal dose assessments of acrylamide in food. *Food.Chem.Toxicol* 43 (3), 365-410.

Dybing, E. and Sanner, T., 2003. Risk assessment of acrylamide in foods. *Toxicol.Sci.* 75 (1), 7-15.

Ehling, S., Hengel, M., and Shibamoto, T., 2005. Formation of acrylamide from lipids. *Adv.Exp.Med Biol.* 561 223-233.

Eriksson, S., 2005. Thesis: Acrylamide in food products: Identification, formation and analytical methodology. www.diva-portal.org/su/theses/abstract.xsql?dbid=700.

Fahey, J. W., Zhang, Y., and Talalay, P., 1997. Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proc.Natl.Acad.Sci.U S.A* 94 (19), 10367-10372.

FAO & WHO, 2006. Acrylamide Analytical Database. www.acrylamide-food.org/data_disclaimer.cfm.

Fennell, T. R., Sumner, S. C., Snyder, R. W., Burgess, J., Spicer, R., Bridson, W. E., and Friedman, M. A., 2005. Metabolism and hemoglobin adduct formation of acrylamide in humans. *Toxicol Sci* 85 (1), 447-459.

Food Standards Agency, 2002. Food Standards Agency study of acrylamid in food - Background information and research findings. Press Briefing. www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/acrylamideback.pdf.

Fredriksson, H., Tallving, J., Rosén, J., and Åman, P., 2004. Fermentation reduces free asparagine in dough and acrylamide content in bread. *Cereal Chem.*

Friedman, M., 2003. Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review. *J Agric.Food.Chem.* 51 (16), 4504-4526.

Fuhr, U., Boettcher, M. I., Kinzig-Schippers, M., Weyer, A., Jetter, A., Lazar, A., Taubert, D., Tomalik-Scharte, D., Pournara, P., Jakob, V., Harlfinger, S., Klaassen, T., Berkessel, A.,

- Angerer, J., Sorgel, F., and Schomig, E., 2006. Toxicokinetics of acrylamide in humans after ingestion of a defined dose in a test meal to improve risk assessment for acrylamide carcinogenicity. *Cancer Epidemiol.Biomarkers.Prev* 15 (2), 266-271.
- Gertz, C. and Klostermann, S., 2002. Analysis of acrylamide and mechanisms of its formation in deep-fried products. *Eur J Lipid Sci Technol* 104 762-771.
- Godin, A. C., Bengtsson, B., Niskanen, R., Tareke, E., Tornqvist, M., and Forslund, K., 2002. Acrylamide and N-methylolacrylamide poisoning in a herd of Charolais crossbreed cattle. *Vet.Rec.* 151 (24), 724-728.
- Godin, A. C., Dubielzig, R. R., Giuliano, E., and Ekestén, B., 2000. Retinal and optic nerve degeneration in cattle after accidental acrylamide intoxication. *Vet.Ophthalmol.* 3 (4), 235-239.
- Goldmann, T., Perisset, A., Bertholet, M. C., Stadler, R. H., Petersson, E. V., and Hellenas, K. E., 2006. Impact of extraction conditions on the content of acrylamide in model systems and food. *Food Addit.Contam.* 23 (5), 437-445.
- Granby, K. and Fagt, S., 2004. Analysis of acrylamide in coffee and dietary exposure to acrylamide from coffee. *Analytica Chimica Acta* 520 (1-2), 177-182.
- Grob, K., Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Noti, A., Imhof, D., Amrein, T., Pfefferle, A., and Bazzocco, D., 2003. French fries with less than 100µg/kg acrylamide. A collaboration between cooks and analysts. *Eur Food Res Technol* 217 185-194.
- Hagmar, L. and Tornqvist, M., 2003. Inconclusive results from an epidemiological study on dietary acrylamide and cancer. *Br.J Cancer* 89 (4), 774-775.
- Hagmar, L., Tornqvist, M., Nordander, C., Rosen, I., Bruze, M., Kautiainen, A., Magnusson, A. L., Malmberg, B., Aprea, P., Granath, F., and Axmon, A., 2001. Health effects of occupational exposure to acrylamide using hemoglobin adducts as biomarkers of internal dose. *Scand J Work Environ.Health* 27 (4), 219-226.
- Hagmar, L., Wirfalt, E., Paulsson, B., and Tornqvist, M., 2005. Differences in hemoglobin adduct levels of acrylamide in the general population with respect to dietary intake, smoking habits and gender. *Mutat.Res.* 580 (1-2), 157-165.
- Health Canada, 2005. Major pathway of formation of acrylamide in foods and possible approaches to mitigation. www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securit/chem-chim/acrylamide/major_pathway-voie_09_mar_05_e.html.
- Hoenicke, K. and Gattermann, R., 2005. Studies on the stability of acrylamide in food during storage. *J AOAC.Int.* 88 (1), 268-273.
- IARC, 1994. Acrylamide. www.inchem.org/documents/iarc/vol60/m60-11.html.
- IRMM (JRC), 2005. Acrylamide database - Evaluated data, status June 2005. www.irmm.jrc.be/html/activities/acrylamide/database.htm.

Jackson, L. S. and Al Taher, F., 2005. Effects of consumer food preparation on acrylamide formation. *Adv.Exp.Med Biol.* 561 447-465.

JIFSAN, 2004. Report WG1 - Methods of formation and methods of mitigation.
www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg1_report.pdf.

Kita, A., Brathen, E., Knutsen, S. H., and Wicklund, T., 2004. Effective ways of decreasing acrylamide content in potato crisps during processing. *J Agric.Food Chem.* 52 (23), 7011-7016.

Kreftregisteret, 2006. Tab 1.1: Antall nye tilfeller fordelt på primær lokalisasjon og kjønn - 2004. www.kreftregisteret.no/ramme.htm?start.htm.

Kutting, B., Schettgen, T., Beckmann, M. W., Angerer, J., and Drexler, H., 2005. Influence of diet on exposure to acrylamide--reflections on the validity of a questionnaire. *Ann Nutr Metab* 49 (3), 173-177.

Landsforeningen for kosthold og helse, 1989. Mål og vekt for matvarer. Otta: Engers boktrykkeri.

Landsforeningen for kosthold og helse, 2003. Mat på data 4.2 Kostberegningsprogram. Oslo.

Lauritsen, J., 2002. FoodCalc. www.foodcalc.dk.

Leufvén, A. and Lignert, H., 2003. Factors influencing acrylamide formation in food processing - Introductory model experiments performed at SIK.
www.sik.se/document/Akrylamid_Projektrapport.pdf.

Livsmedelsverket, 1986. Specialtabeller - Aminosyrer i livsmedel, mg per 100 g ätlig del.
www.slv.se/templates/SLV_Page_2815.aspx.

Livsmedelsverket, 2002a. Analysresultat för stickprov inköpta och/eller tillagade under våren 2002. www.slv.se/templates/SLV_Page.aspx?id=5859.

Livsmedelsverket, 2002b. Tabell 2 - analysresultat för varje enskilt stickprov.
www.slv.se/templates/SLV_Page.aspx?id=2372.

Livsmedelsverket, 2004. Livsmedelsdatabasen.
www.slv.se/templates/LDB_Search.aspx?id=6242.

Lofstedt, R. E., 2003. Science communication and the Swedish acrylamide "alarm". *J Health Commun.* 8 (5), 407-432.

Mattilsynet, 2005. Er det minst akrylamid i filterkaffe eller espresso?
<http://matportalen.no/Saker/1113988356.57>.

Mestdagh, F. J., De Meulenaer, B., Van Poucke, C., Detavernier, C., Cromphout, C., and Van Peteghem, C., 2005. Influence of oil type on the amounts of acrylamide generated in a model system and in French fries. *J Agric.Food Chem.* 53 (15), 6170-6174.

- Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., and Dodson, A. T., 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419 (6906), 448-449.
- Mucci, L. A., Adami, H. O., and Wolk, A., 2006. Prospective study of dietary acrylamide and risk of colorectal cancer among women. *Int.J Cancer* 118 (1), 169-173.
- Mucci, L. A., Lindblad, P., Steineck, G., and Adami, H. O., 2004. Dietary acrylamide and risk of renal cell cancer. *Int.J Cancer* 109 (5), 774-776.
- Mucci, L. A., Sandin, S., Balter, K., Adami, H. O., Magnusson, C., and Weiderpass, E., 2005. Acrylamide intake and breast cancer risk in Swedish women. *JAMA*. 293 (11), 1326-1327.
- Murkovic, M. and Derler, K., 2006. Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee. *J Biochem.Biophys.Methods*.
- Mustafa, A., Andersson, R., Rosen, J., Kamal-Eldin, A., and Aman, P., 2005. Factors influencing acrylamide content and color in rye crisp bread. *J Agric.Food Chem.* 53 (15), 5985-5989.
- Norsk Kaffeinformasjon, 2006. www.kaffe.no.
- Park, E. J. and Pezzuto, J. M., 2002. Botanicals in cancer chemoprevention. *Cancer Metastasis.Rev* 21 (3-4), 231-255.
- Paulsson, B., Rannug, A., Henderson, A. P., Golding, B. T., Tornqvist, M., and Warholm, M., 2005a. In vitro studies of the influence of glutathione transferases and epoxide hydrolase on the detoxification of acrylamide and glycidamide in blood. *Mutat.Res* 580 (1-2), 53-59.
- Paulsson, B., Warholm, M., Rannug, A., and Tornqvist, M., 2005b. In vitro studies of the influence of certain enzymes on the detoxification of acrylamide and glycidamide in blood. *Adv.Exp.Med Biol.* 561 127-133.
- Pelucchi, C., Galeone, C., Levi, F., Negri, E., Franceschi, S., Talamini, R., Bosetti, C., Giacosa, A., and La Vecchia, C., 2006. Dietary acrylamide and human cancer. *Int.J Cancer* 118 (2), 467-471.
- Rice, J. M., 2005. The carcinogenicity of acrylamide. *Mutat.Res.* 580 (1-2), 3-20.
- Roach, J. A., Andrzejewski, D., Gay, M. L., Nortrup, D., and Musser, S. M., 2003. Rugged LC-MS/MS survey analysis for acrylamide in foods. *J Agric.Food.Chem.* 51 (26), 7547-7554.
- Ruden, C., 2004. Acrylamide and cancer risk--expert risk assessments and the public debate. *Food.Chem.Toxicol.* 42 (3), 335-349.
- Rydberg, P., Eriksson, S., Tareke, E., Karlsson, P., Ehrenberg, L., and Tornqvist, M., 2003. Investigations of factors that influence the acrylamide content of heated foodstuffs. *J Agric.Food.Chem.* 51 (24), 7012-7018.

Rydberg, P., Eriksson, S., Tareke, E., Karlsson, P., Ehrenberg, L., and Tornqvist, M., 2005. Factors that influence the acrylamide content of heated foods. *Adv.Exp.Med Biol.* 561 317-328.

Sadd, P. and Hamlet, C., 2005. The formation of acrylamide in UK cereal products. *Adv.Exp.Med Biol.* 561 415-429.

Samuelsen, S. O. 2006, *Statistiker ved Nasjonalt Folkehelseinstitutt*.

Schabacker, J., Schwend, T., and Wink, M., 2004. Reduction of acrylamide uptake by dietary proteins in a caco-2 gut model. *J Agric.Food Chem.* 52 (12), 4021-4025.

Schettgen, T., Kutting, B., Hornig, M., Beckmann, M. W., Weiss, T., Drexler, H., and Angerer, J., 2004. Trans-placental exposure of neonates to acrylamide--a pilot study. *Int Arch Occup.Environ.Health* 77 (3), 213-216.

Slayne, M. A. and Lineback, D. R., 2005. Acrylamide: considerations for risk management. *J AOAC.Int* 88 (1), 227-233.

Smith, C. J., Perfetti, T. A., Rumple, M. A., Rodgman, A., and Doolittle, D. J., 2000. "IARC group 2A Carcinogens" reported in cigarette mainstream smoke. *Food Chem.Toxicol* 38 (4), 371-383.

SNT, 2002a. Analyseresultater for akrylamid i norsk kaffe og barnegrøt.
www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00018/Analyseresultater_1_18469a.pdf.

SNT, 2002b. Analyseresultater for norske stikkprøver - akrylamid.
www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00018/Analyseresultater_fo_18505a.pdf.

SNT, 2002c. Risikovurdering av kreftisiko ved konsum av kaffe inneholdende akrylamid - Rapport fra Faggruppe for fremmedstoffer til Statens næringsmiddeltilsyn.
www.mattilsynet.no.

SNT, 2002d. Risikovurdering med spesiell vekt på kreftisiko etter inntak av akrylamid fra næringsmidler - Rapport fra Statens Næringsmiddeltilsyns vitenskapskomité.
www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00018/Risikovurdering_med_18507a.pdf.

Solvoll K, 2003. Korn. Samfunnsernæring: tema, teori og metoder.Pensumperm for ERN 110, Institutt for ernæringsforskning.

Stadler, R. H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P. A., Robert, M. C., and Riediker, S., 2002. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419 (6906), 449-450.

Statens Levnedsmiddelinstitut 1983, *Levnedsmiddeltabeller*.

Statens råd for ernæring og fysisk aktivitet, Statens næringsmiddeltilsyn, and Institutt for ernæring (UiO), 2001. Den store matvaretabellen.
www.mat.no/matfakta_neringstabell_info.aspx.

Sumner, S. C., Fennell, T. R., Moore, T. A., Chanas, B., Gonzalez, F., and Ghanayem, B. I., 1999. Role of cytochrome P450 2E1 in the metabolism of acrylamide and acrylonitrile in mice. *Chem.Res.Toxicol.* 12 (11), 1110-1116.

Surdyk, N., Rosen, J., Andersson, R., and Aman, P., 2004. Effects of asparagine, fructose, and baking conditions on acrylamide content in yeast-leavened wheat bread. *J Agric.Food.Chem.* 52 (7), 2047-2051.

Svensson, K., Abramsson, L., Becker, W., Glynn, A., Hellenas, K. E., Lind, Y., and Rosen, J., 2003. Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food.Chem.Toxicol.* 41 (11), 1581-1586.

Taeymans, D., Wood, J., Ashby, P., Blank, I., Studer, A., Stadler, R. H., Gonde, P., Van Eijck, P., Lalljie, S., Lingnert, H., Lindblom, M., Matissek, R., Muller, D., Tallmadge, D., O'Brien, J., Thompson, S., Silvani, D., and Whitmore, T., 2004. A review of acrylamide: an industry perspective on research, analysis, formation, and control. *Crit.Rev Food.Sci.Nutr.* 44 (5), 323-347.

Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., and Tornqvist, M., 2000. Acrylamide: a cooking carcinogen? *Chem.Res.Toxicol.* 13 (6), 517-522.

Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., and Tornqvist, M., 2002. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric.Food.Chem.* 50 (17), 4998-5006.

Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., and Schomig, E., 2004. Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *J Agric.Food Chem.* 52 (9), 2735-2739.

Tornqvist, M., 2005. Acrylamide in food: the discovery and its implications: a historical perspective. *Adv.Exp.Med Biol.* 561 1-19.

Twaddle, N. C., Churchwell, M. I., McDaniel, L. P., and Doerge, D. R., 2004. Autoclave sterilization produces acrylamide in rodent diets: implications for toxicity testing. *J Agric.Food.Chem.* 52 (13), 4344-4349.

U.S.Food and Drug Administration, 2005. Exploratory data on acrylamide in food. www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydata.html.

UCLA Department of Statistics, 2004. Correlation Coefficient Power Calculations. <http://calculators.stat.ucla.edu/powercalc/correlation/c-1-samp.php>.

Urban, M., Kavvadias, D., Riedel, K., Scherer, G., and Tricker, A. R., 2006. Urinary mercapturic acids and a hemoglobin adduct for the dosimetry of acrylamide exposure in smokers and nonsmokers. *Inhal.Toxicol.* 18 (10), 831-839.

Vainio, H., 2003. Acrylamide in heat-processed foods--a carcinogen looking for human cancer? *Eur.J Epidemiol.* 18 (12), 1105-1106.

WHO, 2002. Health implications of acrylamide in food - report of a joint FAO/WHO consultation, Geneva, Switzerland. www.who.int/foodsafety/publications/chem/acrylamide_june2002/en/.

Wikipedia, 2006a. Den frie Encyclopedi. www.wikipedia.no.

Wikipedia, 2006b. The Free Encyclopedia. www.wikipedia.org.

Yasuhara, A., Tanaka, Y., Hengel, M., and Shibamoto, T., 2003. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. J Agric.Food.Chem. 51 (14), 3999-4003.

Vedlegg

Vedlegg 1: Konesjon fra Datatilsynet

Vedlegg 2: Godkjenning fra etisk komité

Vedlegg 3: Invitasjon til undersøkelsen

Vedlegg 4: Informasjonsskriv om urininnsamling

Vedlegg 5: Skjema for kostintervju

Vedlegg 6: Sjekkliste for matvarer ved kostintervju

Vedlegg 7: Bildebok med porsjonsstørrelser

Vedlegg 8: Bilder av akrylamidrike matvarer (eksempler)

Vedlegg 9: Bruningsgrad

Vedlegg 10: Samtykkeerklæring



Datatilsynet

Folkehelseinstituttet
v/ Margaretha Haugen
Postboks 4404 Nydalen
0403 OSLO

ORIGINALKONTRAKT I
KONTRAKTSARKIV

Nasjonalt folkehelseinstitutt	
AVD.BEK: EPA	NJLA
- 2 JAN. 2006	
S.NR.: 05/1425 - 11	
ARKIVKODE: 115	AVSKREVET:

Deres ref.
05/MH

Vår ref. (bes oppgitt ved svar)
05/01326-3 /RVB

21. desember 2005

KONSESJON TIL Å BEHANDLE PERSONOPPLYSNINGER

Datatilsynet viser til Deres søknad av 07.10.2005 om konsesjon til å behandle helseopplysninger.

Datatilsynet har vurdert søknaden og gir Dem med hjemmel i helseregisterloven § 5, jf. personopplysningsloven § 33, jf. § 34, konsesjon til å behandle helseopplysninger til prosjektet: "Akrylamid – eksponering fra matvarer"

Databehandlingsansvarlig er Folkehelseinstituttet ved øverste leder. Gjennomføringen av det daglige ansvaret kan delegeres.

Konsesjonen er gitt under forutsetning av at behandlingen foretas i henhold til søknaden og de bestemmelser som følger av helseregisterloven med forskrifter.

Dersom det skjer endringer i behandlingen i forhold til de opplysninger som er gitt i søknaden, må dette fremmes i ny konsesjonssøknad. Det fremgår av søknaden (prosjektbeskrivelse og informasjonsskriv/samtykkeerklæring) at opplysningene skal anonymiseres i en tidlig fase av prosjektet. Konsesjonens varighet settes derfor til 31.12.2006.

Datatilsynet tar forbehold om at konsesjonen kan bli trukket tilbake eller at nye og endrede vilkår kan bli gitt dersom dette er nødvendig ut fra personvern hensyn.

Med hilsen

Hanne P. Gulbrandsen
Hanne P. Gulbrandsen
seniorrådgiver

Rune V. Bråthen
Rune Vidar Bråthen
rådgiver

Postadresse:	Kontoradresse:	Telefon:	Telefaks:	Org.nr:	Hjemmeside:
Postboks 8177 Dep	Tollbugt 3	22 39 69 00	22 42 23 50	974 761 467	www.datatilsynet.no
0034 OSLO					



UNIVERSITETET I OSLO
DET MEDISINSKE FAKULTET

Avdelingsdirektør professor dr. med Jan Alexander
Nasjonalt folkehelseinstitutt
Geitmyrsveien 75
Postboks 4404 Nydalen
0403 Oslo

Regional komité for medisinsk forskningsetikk
Sør- Norge (REK Sør)
Postboks 1130 Blindern
NO-0318 Oslo

Telefon: 228 44 666

Telefaks: 228 44 661

E-post: rek-2@medisin.uio.no

Nettadresse: www.etikkom.no

Dato: 24.10.05

Deres ref.:

Vår ref.: S-05269

S-05269 Akrylamid - Eksponering fra matvarer

Vi viser til brev datert 07.10.05 med vedlegg: revidert informasjonsskriv og samtykkeerklæring samt tekst til e-post.

Komiteen tar svar på merknader til etterretning.

Komiteen har følgende merknader til revidert informasjonsskriv og samtykkeerklæring:

1. Det står at deltagere får 200 kr for å delta i studien i informasjonsskrivet, mens det står 300 kr i teksten til e-post. Dette må korrigeres slik at informasjonene samsvarer.
2. Informasjonen skal ikke være overtalende. Setningen "Vær vennlig å svare på denne e-posten innen 3 dager (kun hvis du ønsker å delta)" kan for eksempel omskrives til Dersom du ønsker å delta i studien, ber vi om at du svarer på denne e-posten innen 3 dager.
3. Korrekt navn på komiteen er Regional komité for medisinsk forskningsetikk, Sør- Norge.

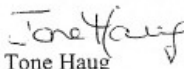
Komiteen forutsetter at merknadene tas til etterretning, og tilrår at prosjektet gjennomføres og at forskningsbiobank opprettes. Reviderte informasjonsskriv sendes komiteen til orientering.

Komiteen videresender skjema for opprettelse av forskningsbiobank og informasjonsskrivet samt komiteens vedtak til Sosial- og helsedirektoratet for endelig behandling av opprettelse av forskningsbiobanken.

Vi ønsker lykke til med prosjektet!

Med vennlig hilsen

Hans Erik Rugstad (sign)
Overlege dr.med.
Leder


Tone Haug
Rådgiver
Sekretær

Kopi: Sosial- og helsedirektoratet, Postboks 7000, St. Olavs plass, 0130 Oslo
Margaretha Haugen, Nasjonalt folkehelseinstitutt (elektronisk)

Husker du akrylamid?



- Kan du tenke deg å være med i et forskningsprosjekt?

Akrylamid i media

Husker du avisoppslagene om akrylamid for noen år tilbake? Dette er et kreftfremkallende stoff man finner små mengder av i mat. Akrylamid dannes når matvarer med mye stivelse stekes eller friteres, og de største kildene er potetgull, pommefrites, knekkebrød, kjeks og kaffe. Man blir også utsatt for akrylamid via røyking.

Folkehelseinstituttet i gang med undersøkelse

Vi ønsker å se på sammenhengen mellom inntak av akrylamid og nivåer i urin og blod. Derfor spør vi om du vil være med på en undersøkelse. Studien er et samarbeidsprosjekt mellom Avdeling for næringsmiddel toksikologi (MINT) og Avdeling for analytisk kjemi (MIAN) ved Divisjon for Miljømedisin.

Slik vil undersøkelsen foregå

Undersøkelsen vil finne sted på Folkehelseinstituttet, Geitmyrsveien 75, i november og begynnelsen av desember. Svarer du ja til å delta i studien, vil du bli bedt om å **samle døgnurin (24-timers urin)** og komme til et **kostintervju dagen etter**. Vi vil avtale et passende tidspunkt med deg for dette, og du får tilsendt flasker til urinsamlingen. I kostintervjuet vil en ernæringsfysiolog spørre deg om hva du har spist det siste døgnet samt om alder, høyde, vekt, røyking og fysisk aktivitet. Intervjuet tar maksimum 1/2 time. Du vil også få med deg et **kostspørreskjema**, som vi ønsker at du fyller ut (tar ca 1 time). Når du har levert spørreskjemaet, vil du motta **300 kr** som en kompensasjon for å ha vært med i undersøkelsen.

For å gjøre undersøkelsen komplett, hadde det vært fint om du også er villig til å avgi en **blodprøve**. Dette er imidlertid **frivillig**. Blodprøven vil tas ved et noe senere tidspunkt. Den vil analyseres for akrylamid og genotypes med tanke på ulike varianter av enzymene som omsetter akrylamid i kroppen.

Alle personopplysninger vil være aidentifisert

Vi trenger ikke opplysninger om fødselsdato eller personnummer til undersøkelsen. Kostintervju, urin- og blodprøver vil ikke merkes med navn eller adresse. De vil kun bli påført et ID-nummer. Listen hvor ID-nummer og navn er koblet vil oppbevares innlåst av en uavhengig person ved Folkehelseinstituttet. Ingen som jobber med resultatbearbeiding har tilgang til denne. Alle blodprøver vil oppbevares og lagres i en forskningsbiobank ved Nasjonalt folkehelseinstitutt (ansvarlig for denne er Thomas Bjellaas). Analyser av prøvematerialet vil utføres her på Folkehelseinstituttet eller sendes til Danmark for spesielle analyser. Det er søkt om tillatelse fra Sosial- og Helsedirektoratet til prøveanalyse i utlandet.

Kan du tenke deg å delta?

Dersom du ønsker å delta i studien, ber vi om at du svarer på denne e-posten **innen 3 dager**. Vi gjør oppmerksom på at all deltagelse er frivillig. Du kan når som helst og uten begrunnelse trekke deg fra undersøkelsen. Dette vil ikke ha noen konsekvenser for ditt nåværende eller ev. fremtidige forhold til arbeidsplassen på Folkehelseinstituttet eller kollegaene her. Tilbaketrekking av samtykke innebærer at blod- og urinprøven din blir destruert, så sant den ikke allerede er inngått i vitenskapelige arbeider.

Med vennlig hilsen

Thomas Bjellaas
Doktorgradsstipendiat
MIAN

Linn Helene Stølen
Mastergradsstudent
MINT

Prosjektet er meldt til Datatilsynet og tilrådd av Regional komité for medisinsk forskningsetikk, Sør-Norge.

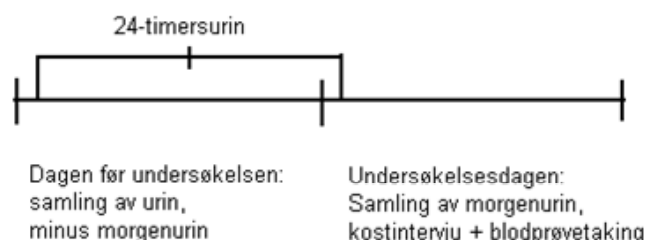


Informasjon om undersøkelsesdagen

Kjære deltager,

Takk for at du vil delta i undersøkelsen om akrylamid. Her følger en forklaring på hvordan urinoppsamlingen skal gjøres og hvordan undersøkelsen kommer til å foregå. Derfor ber vi deg om å lese denne informasjonen nøye.

Sammen med dette brevet har du fått utlevert noen urinflasker. Vi ønsker at du samler urin på disse **dagen før kostintervjuet** og tar dem med til avtalt tid for undersøkelsen. **All urin fra dagen før, minus morgenurin, pluss morgenurin fra undersøkelsesdagen skal være med.** Morgenurinen er den første urinen som lates for dagen (altså den *før frokost og før kaffen eller røyken*). Glem ikke å få med eventuell natturin. Det er også viktig at du krysser av for tidspunkt på flaskene (før kl 18:00, etter kl 18:00 eller morgenurin). Begynn på ny flaske for hver gang.



NB! Inne i flaskene er det et pulver. Dette må ikke fjernes da det fungerer som konserveringsmiddel. Har du mulighet, er det best om urinprøvene kan oppbevares i kjøleskap/kjølerom eller på et annet mørkt og kjølig sted. For de som ønsker det, kan flaskene settes på kjølerom på MIAN (ring på dørklokken).

For å kunne sammenligne akrylamid i urinprøven med det du har spist, vil en ernæringsfysiolog ta et kostintervju med deg. Du vil også få med deg et kostspørreskjema, som vi ønsker at du fyller ut. Som en kompensasjon for å ha vært med i undersøkelsen, vil vi gi deg **300 kr** når du har levert spørreskjemaet.

I forbindelse med kostintervjuet vil du bli spurt om å avgi en blodprøve ved et senere tidspunkt. Dette er imidlertid frivillig. Blodprøven vil analyseres for akrylamid og genotypes med tanke på ulike varianter av enzymene som omsetter akrylamid i kroppen.

Har du spørsmål angående urin- eller blodprøver, ta kontakt med Thomas Bjellaas, MIAN, på tlf 22 04 22 54, internnr 2254 eller e-post: thomas.bjellaas@fhi.no. Har du spørsmål om kostintervju eller tidspunkt for undersøkelsen, ta kontakt med Linn Helene Stølen, MIAN, på tlf 22 04 26 04, internnr 2604 eller e-post: linn.helene.stolen@fhi.no.

På forhånd takk!

Med vennlig hilsen

Thomas Bjellaas
Doktorgradsstipendiat
MIAN

Linn Helene Stølen
Mastergradsstudent
MINT

24-timers kostintervju

Alder: _____ Kjønn (m, k): _____ Høyde: _____ Vekt: _____

Røyking

nei: _____

ja: _____

festrøyker: _____

Type:

m/filter ☐

u/filter ☐

rulletobakk ☐

sigar ☐

snus ☐

Antall i går: _____

Fysisk aktivitet i går: _____

Kost

[illegible]

Kosttilskudd: _____

Evt spesiell kost: _____

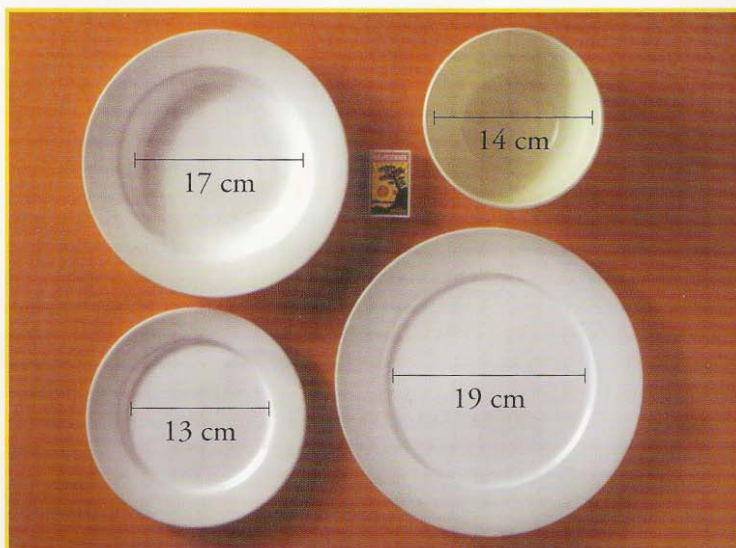
Sjekkliste

Potetgull, Peanøtter
Saltstenger
Kaker, Kjeks
Bolle, Wienerbrød
Vaffel
Kaffe, Te, Kakao
Saft, Brus, Juice
Vann
Knekkebrød
Yoghurt
Sjokolade, Lakris, Smågodt
Frukt
Gulrot, Kålrot
Nøtter
Tørket frukt
Pølse

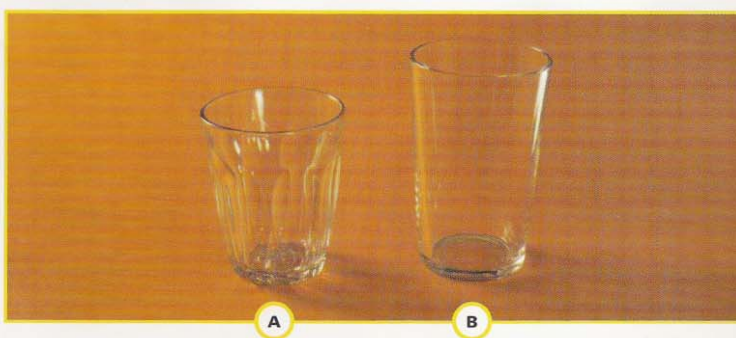
*Bildehefte
med porsjonsstørrelser*



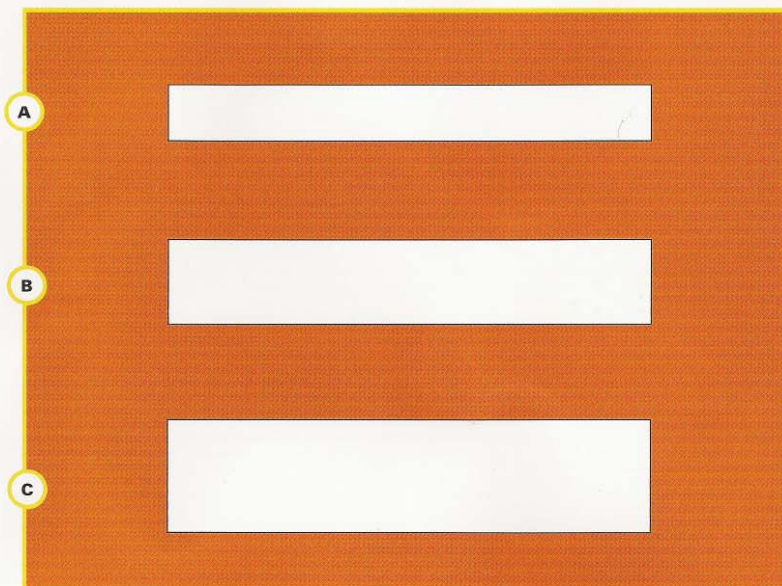
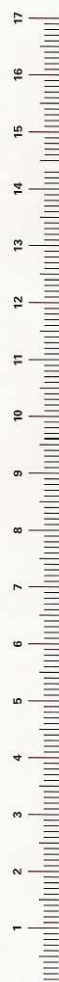
**DETTE BILDET VISER STØRRELSEN PÅ TALLERKENENE
SOM ER BRUKT I BILDEHEFTET**



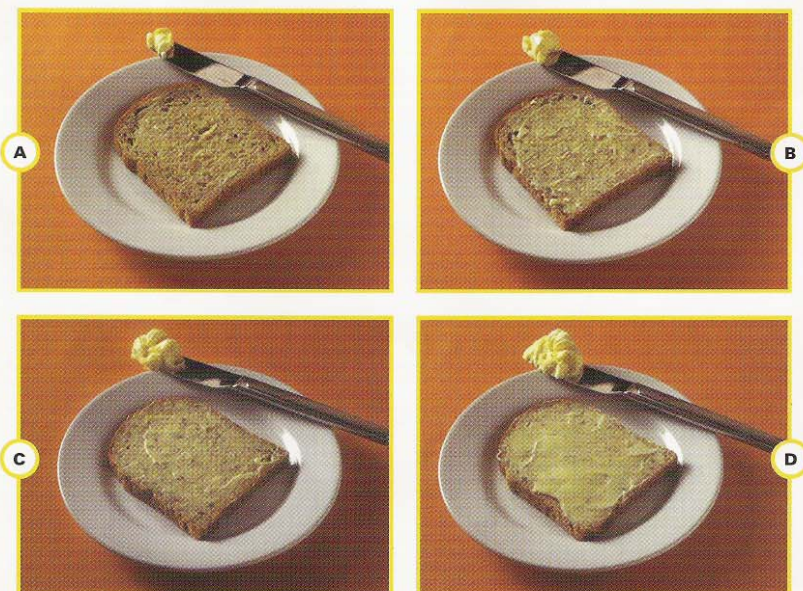
1. GLASS



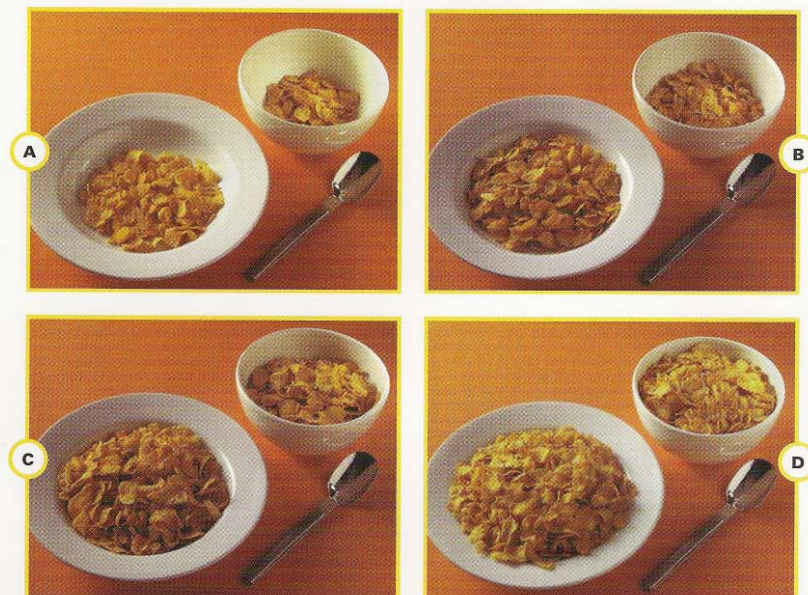
3. BRØD TYKKELSE



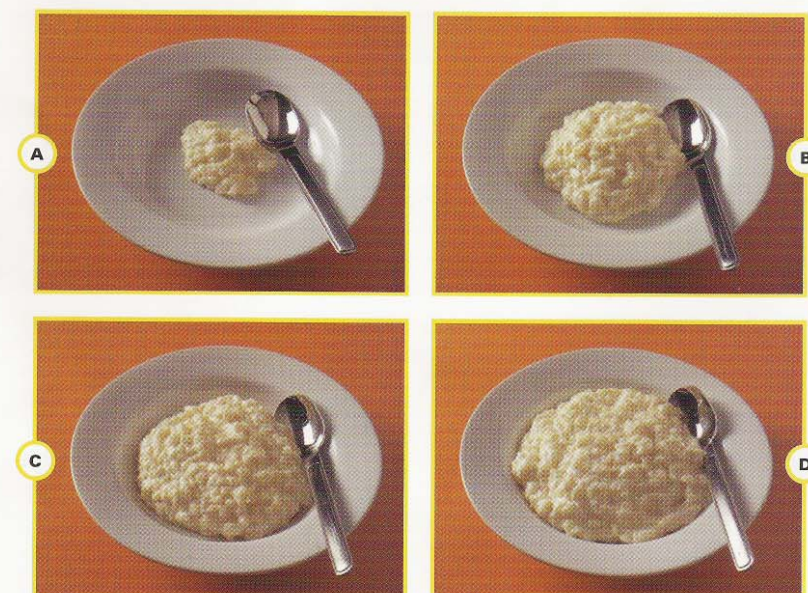
4. SMØR/MARGARIN PÅ BRØDET



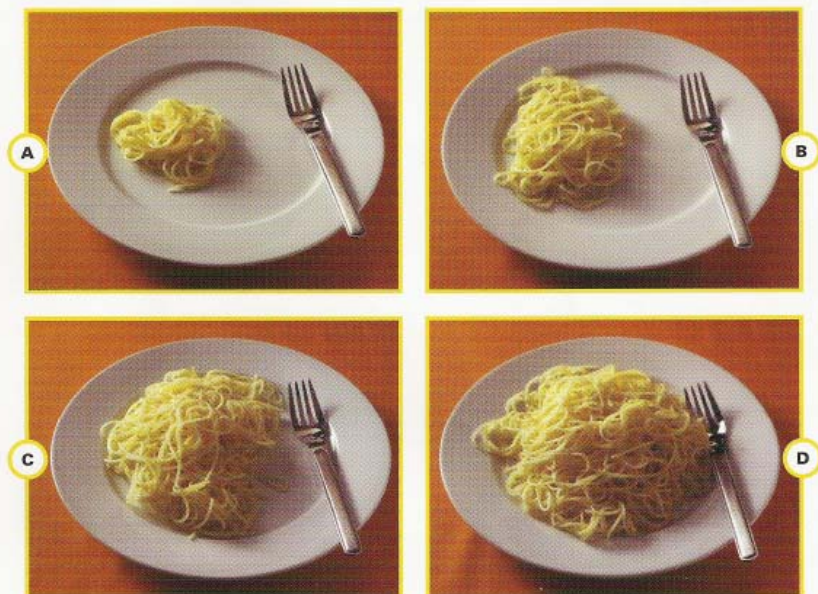
45. CORNFLAKES (FROKOSTBLANDING)



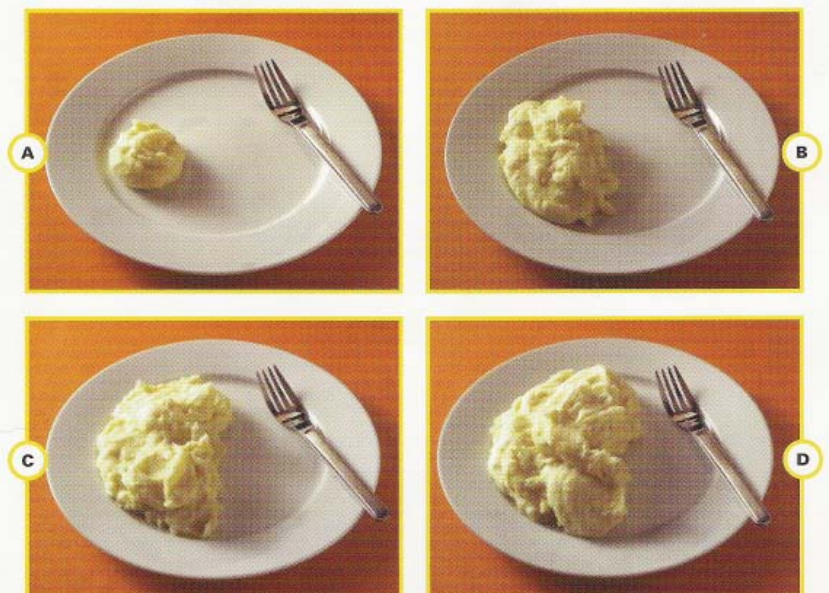
56. GRØT



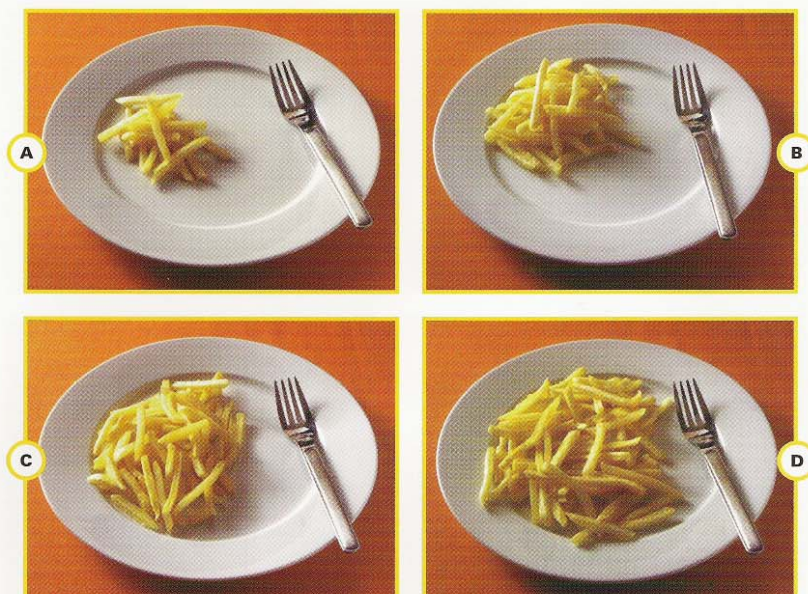
6. SPAGHETTI / PASTA (RIS)



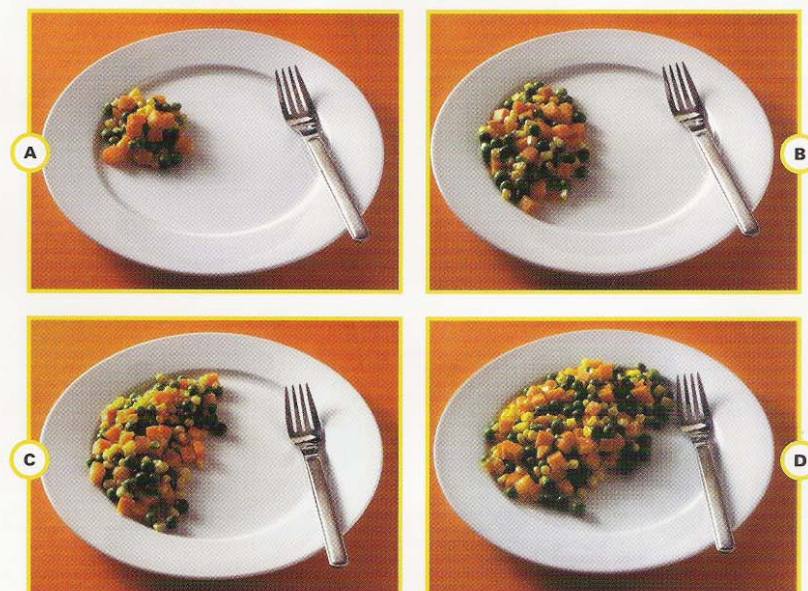
7. POTETMOS



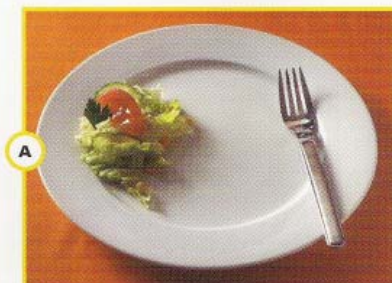
8 9. POMMES FRITES (STEKT POTET)



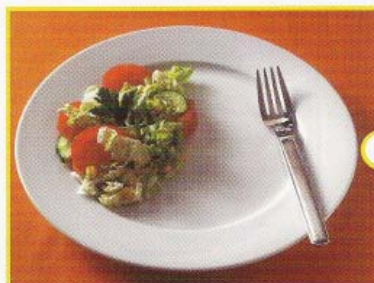
9 10. GRØNNSAKSBLANDING (RÅKOST)



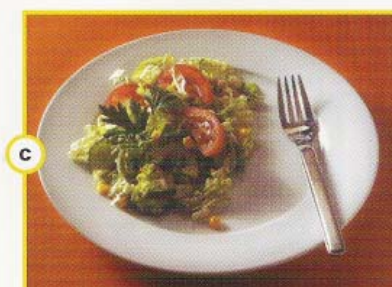
1011. SALAT



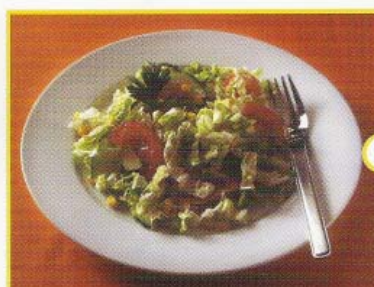
A



B



C



D

1112. KJØTTSAUS (LAPSKAUS)



A



B

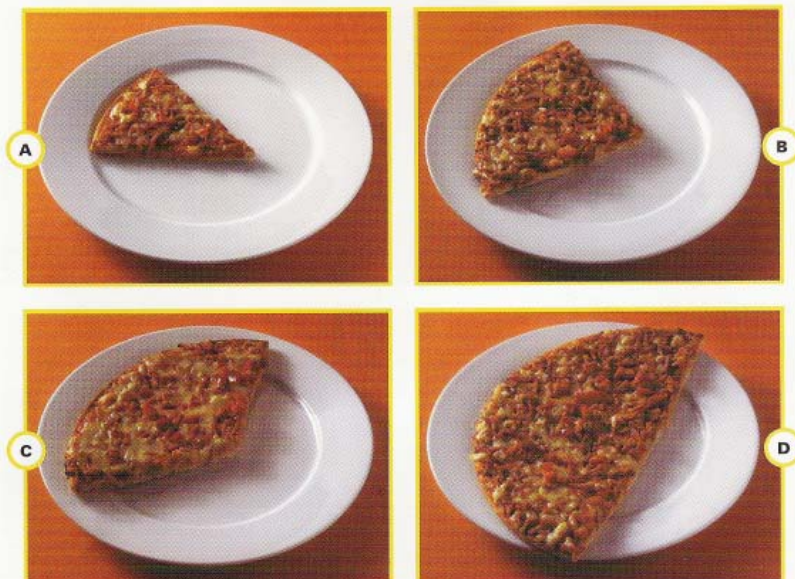


C

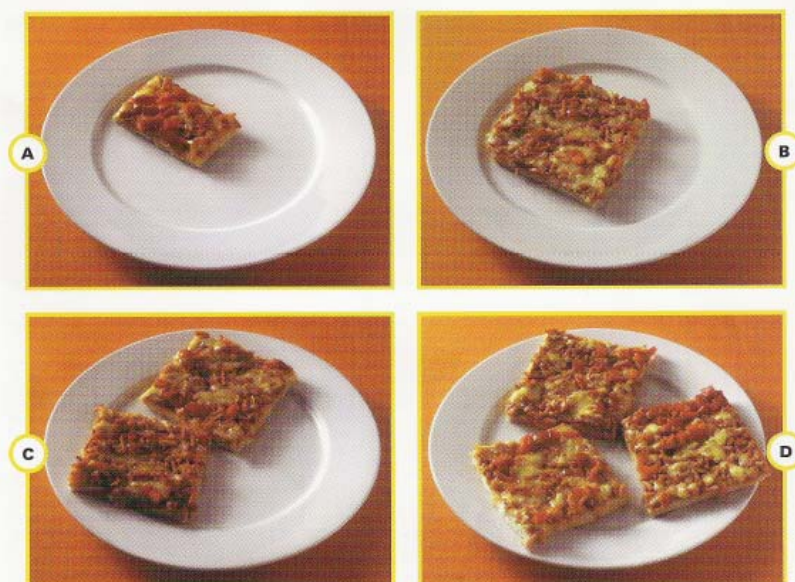


D

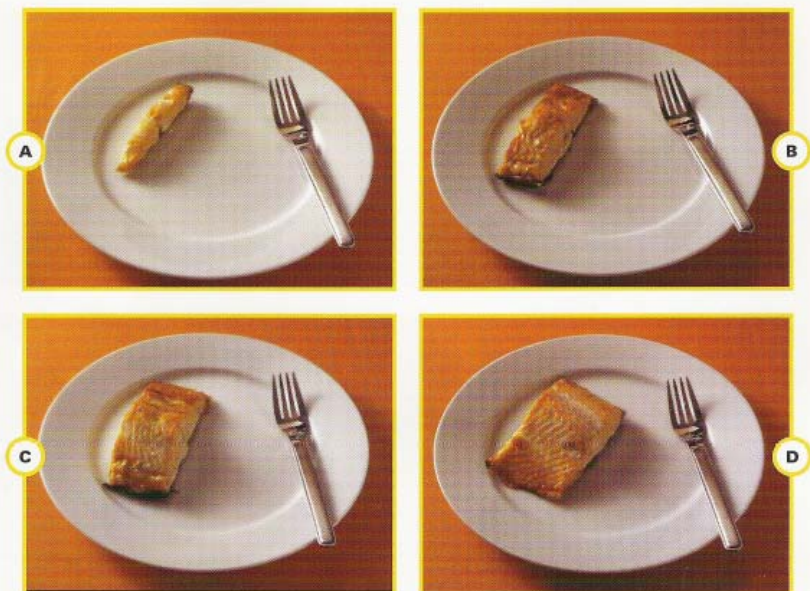
12 13. PIZZA, TREKANTSTYKKER



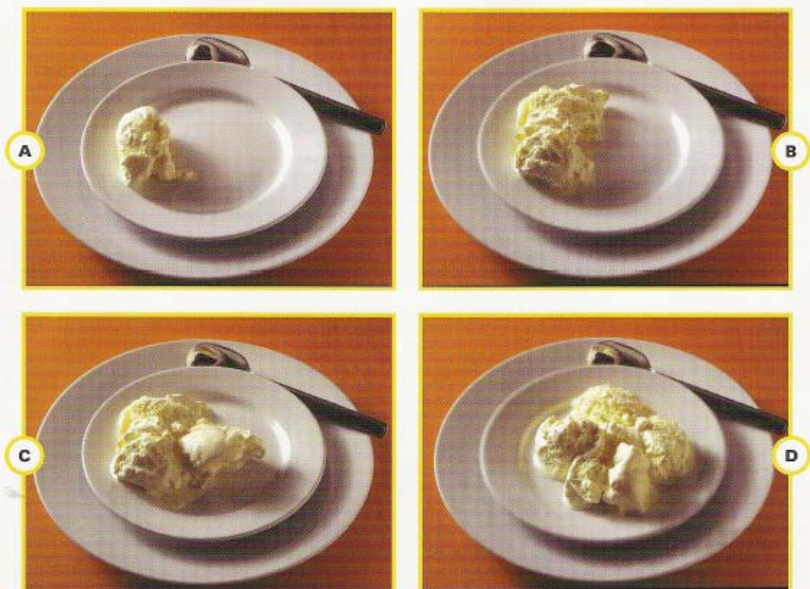
13 14. PIZZA, FIRKANTSTYKKER



14. FISK



15. IS (PUDDING)



BILDEBOKEN mengdene som ble validert

Smør på brødet

Bilde ABilde BBilde CBilde D3 g6 g9 g12 g

Frokostblanding (omregningsfaktor cornflakes til frokostblanding er 4,6)

Bilde ABilde BBilde CBilde D46 g138 g262 g396 g

Spaghetti

Bilde ABilde BBilde CBilde D34 g68 g160 g250 g

Sjokoladepudding (omregningsfaktor fra is til sjokoladepudding er 2)

Bilde ABilde BBilde CBilde D76 g128 g194 g278 g

Cornflakes

Bilde ABilde BBilde CBilde D10 g30 g57 g86 gPizza , trekantet

Bilde ABilde BBilde CBilde D56 g114 g165 g270 g

Ris (omregningsfaktor fra spaghetti til ris er 1,3)

Bilde ABilde BBilde CBilde D44 g88 g208 g325 g

Pommes frites

Bilde ABilde BBilde CBilde D30 g60 g90 g120 g

Stekt potet (omregningsfaktor 1,33 fra pommes frites)

Bilde ABilde BBilde CBilde D40 g80 g120 g160 g

Kjøttsaus (nytt bilde tatt mars 2000)

Bilde ABilde BBilde CBilde D50 g 200 g 350 g 500 g

Salat

Bilde ABilde BBilde CBilde D33 g52 g100 g175 g

Risengrynsgrøt (fotografert mars 2000)

Bilde ABilde BBilde CBilde D50 g 200 g 350 g 500 g

Grønnsaksblanding

Bilde ABilde BBilde CBilde D40 g80 g120 g160 g

Potetmos

Bilde ABilde BBilde CBilde D60 g205 g355 g500 g

Fiskefilet (bildene og forskjellene er regnet utfra stekt fisk)

Bilde ABilde BBilde CBilde D36 g rå102 g rå160 g rå195 g rå27 g stekt84 g
steckt134 g stekt166 g stekt

Pizza firkantet

Bilde ABilde BBilde CBilde D52 g112 g165 g270 g

Råkost (omregningsfaktor fra grønnsaksblanding til råkost er 0,7)

Bilde ABilde BBilde CBilde D28 g56 g84 g112 g

I tillegg

Glassene i bildeboken brukt i UNGKOST:

A = 150 g
B = 230 g

Is er:

A = 38 g
B = 64 g
C = 97 g
D = 139 g

Grovbrød er:

A = 25 g
B = 38 g
C = 58 g

Loff er:

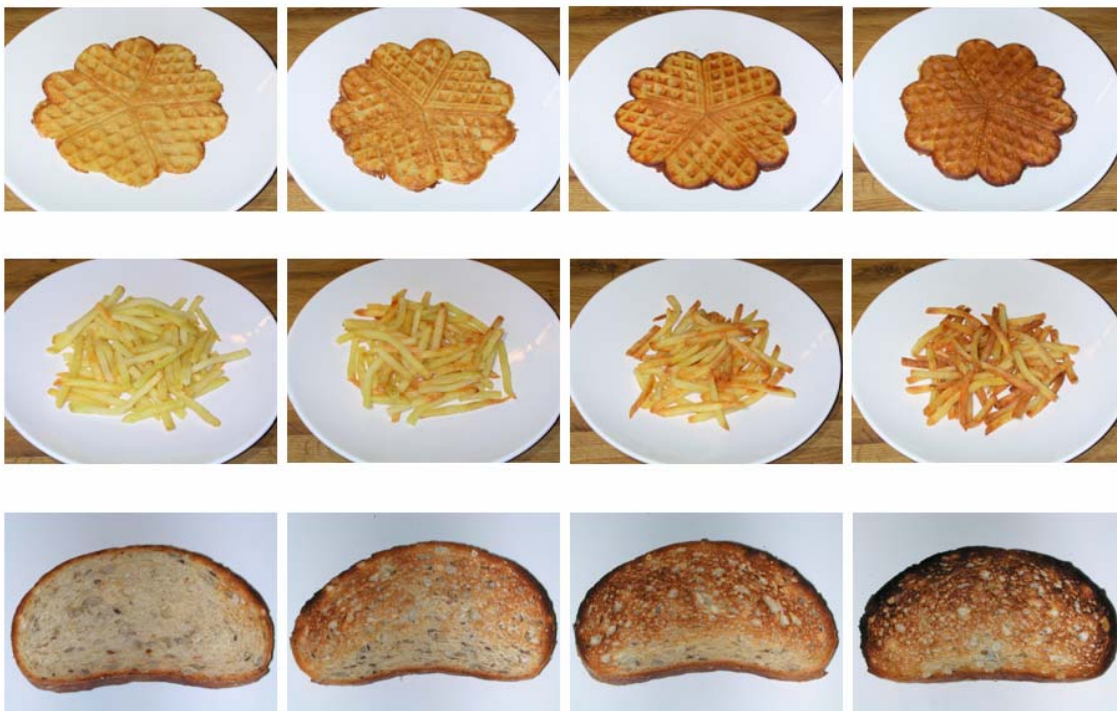
A = 21 g
B = 35 g
C = 50 g



Vedlegg 8



Vedlegg 9



Samtykkeerklæring – forskningsprosjekt om akrylamid

Jeg har mottatt informasjon om prosjektet og ønsker å delta.

Navn: _____ (Bruk blokkbokstaver)

Nasjonalt folkehelseinstitutt, Oslo den _____

Underskrift: _____

Jeg ønsker også å avgi blodprøve til prosjektet og gir tillatelse til at denne kan sendes til utlandet for spesielle analyser.

Underskrift: _____